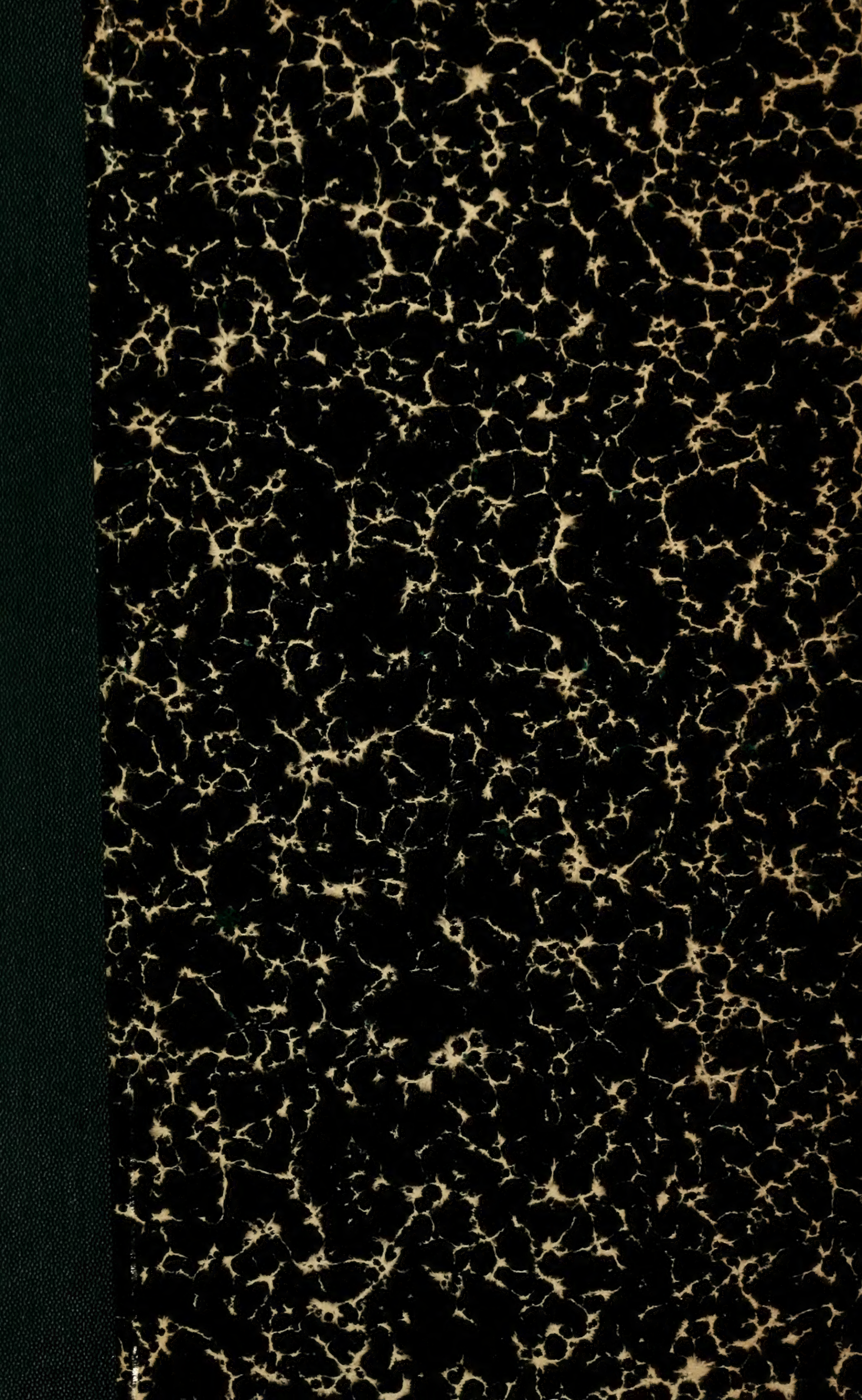
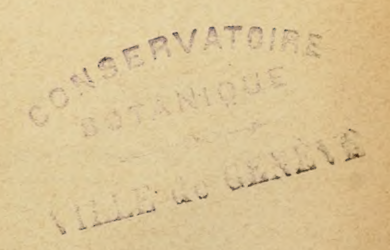



Septemb 1899
R.W. Gibson Invt

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES



GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME SOIXANTE - TROISIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
SANDOZ et FISCHBACHER
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1878

SUR LES DÉPLACEMENTS

DE

LA BULLE DES NIVEAUX A BULLE D'AIR

PAR

M. Ph. PLANTAMOUR

J'ai été conduit à étudier ces déplacements par le fait que la bulle d'un niveau que j'avais posé sur la table de mon limnographe, à Sécheron, pour en vérifier l'horizontalité, ne restait pas immobile d'un jour à l'autre, ni même dans le cours du même jour, mais tantôt se portait vers une extrémité, tantôt revenait en arrière. — Ce mouvement pouvant être produit par la torsion de la table sous l'influence des variations de température et d'humidité, j'ai posé le niveau sur le sol du pavillon consistant en une couche de 15 cent. de béton dont la surface avait été aplanie par un glaçage au ciment romain. Le même phénomène s'est reproduit.

Mon niveau, assez ancien, ne m'inspirant pas une grande confiance quant à sa perfection, je me suis adressé à M. Th. Turrettini, directeur de la *Société Genevoise pour la construction d'Instruments de Physique,* qui a eu l'obligeance de mettre à ma disposition un niveau, construit dans ses ateliers de Plainpalais, rôdé et établi avec tous les perfectionnements introduits à ce jour dans la construction de cet instrument.

L'ayant placé sur le sol du pavillon le 20 avril et l'ayant orienté de l'Est à l'Ouest, je notais les positions de la bulle d'heure en heure et faisais des observations préliminaires dans le but d'étudier la meilleure marche à suivre. C'est ainsi que, pour faciliter la détermination exacte des déplacements de la bulle, je fixais sur le niveau une échelle graduée en millimètres et ne donnais à la bulle (peut être à tort) qu'une longueur de 15 millimètres en vue de lui laisser plus de chemin à parcourir, et pour pouvoir rapidement saisir le centre de la bulle, qui éprouvait de légères différences de longueur sous l'influence de petites variations de température constatées par un thermomètre.

Estimant, après deux à trois jours d'essais, que la méthode n'était pas trop défectueuse et que le mouvement de va-et-vient était évident, j'ai fait, les 24, 25 et 26 avril, des observations suivies à peu près d'heure en heure de 9 heures du matin à minuit. Ces observations ont mis en évidence l'existence d'oscillations diurnes avec un maximum d'exhaussement de l'Est respectivement pour ces trois jours vers 5 $^1/_2$ heures, 4 heures et 5 heures du soir. Le diagramme Pl. I, fig. 1 représente la marche de la bulle pendant les heures d'observation. La plus grande amplitude d'oscillation le 26 avril qui est de 49 millimètres ne représente qu'un arc de 17 secondes environ, ce qui n'est pas très-considérable; mais le mouvement d'oscillation paraissait constant ainsi qu'un mouvement ascensionnel graduel de l'Est. Les observations ont été interrompues parce que la bulle avait été arrêtée par l'extrémité du niveau qu'elle touchait.

Pour me mettre à l'abri des fluctuations possibles du

sol de mon pavillon récemment établi [1], de l'influence que pourrait exercer la trop grande proximité du lac et des variations de température et d'humidité dont l'action pouvait se faire sentir sur la planchette qui portait le niveau, je me suis décidé à poursuivre ces observations dans ma cave, qui est très-sèche. Le sol de cette cave consiste en un carrelage fixé par du mortier sur une couche de béton de 25 centimètres d'épaisseur, reposant elle-même sur l'argile bleue compacte. La température de cette cave s'est maintenue entre 13° et 13°,5 C. pendant tout le temps des expériences.

Le niveau était plutôt petit (12 centimètres sans le réservoir), ce qui m'obligeait à donner une dimension trop faible à la bulle pour lui laisser un plus grand parcours. M. Turrettini a eu encore l'obligeance de me prêter un plus grand niveau (19 centimètres sans le réservoir) et d'y joindre le grand chevalet en fer qui sert dans l'atelier de la Société Genevoise à vérifier les niveaux.

J'ai installé dès lors chevalet et niveaux dans ma cave: le petit niveau à peu près à deux mètres du chevalet qui portait le grand niveau et les ai orientés l'un et l'autre de l'Est à l'Ouest.

Le 30 avril a été employé à des observations préliminaires. Jusqu'au 13 mai j'ai observé la position de la bulle autant que possible toutes les heures entre 8 heures du matin et minuit et à partir du 13, voyant que c'était suffisant, toutes les trois heures seulement de 8 heures à minuit. La bulle a été placée à peu près au milieu des niveaux au moyen des vis de cale.

[1] Ce pavillon qui renferme mon limnographe a été construit au mois de mars 1877; il est appuyé contre le mur de soutènement de la terrasse sur le lac. La construction de ce mur remonte toutefois à une époque assez reculée.

Du 3 au 7 mai la bulle s'est dirigée graduellement à l'Est sans retour notable à l'Ouest (voyez Pl. I, fig. 2). M. Turrettini qui, sans me prévenir, avait fait faire pendant les premiers jours des observations semblables dans l'atelier de Plainpalais, est venu m'annoncer que sa bulle avait cheminé à l'Est sans retour à l'Ouest. Le même phénomène s'était donc présenté aux deux endroits distants l'un de l'autre d'environ trois kilomètres. L'employé chargé ordinairement de la vérification des niveaux et que M. Turrettini avait désigné pour faire ces observations, m'avait dit quelques jours auparavant qu'il n'avait jamais remarqué des déplacements spontanés de la bulle, aussi fut-il très-étonné de constater ces mouvements.

La bulle du petit niveau touchait l'extrémité Est le 4 mai à 9 heures du soir, et comme elle ne montrait aucune tendance à retourner à l'Ouest, j'ai abaissé l'extrémité Est le 5 mai à midi au moyen de la vis de rappel de manière à la replacer à peu près au milieu du niveau; puis j'ai recommencé à en noter la marche à partir de 3 heures du soir. Les deux petites flèches, fig. 2, indiquent que le trait inférieur doit-être reporté en continuation du trait supérieur qui représente la marche du petit niveau. On voit dans la fig. 2 que, d'après les deux niveaux, l'Est a continué à s'élever graduellement. Le mouvement plus prononcé accusé par le petit niveau provient de ce que ce dernier est plus sensible; mais chaque millimètre de déplacement de la bulle ne vaut que 0'',35 tandis que pour le grand niveau le millimètre vaut 0'',5. L'exhaussement de l'Est pendant ces cinq jours, estimé d'après la marche de la bulle du grand niveau, est d'environ 22 secondes. Les bulles des deux instruments touchaient l'extrémité Est pour le petit niveau déjà le 6 mai à

3 heures du soir et pour le grand niveau le 7 mai depuis 3 heures du soir.

Au moyen de la vis de rappel j'ai alors élevé l'extrémité Ouest du grand niveau de manière à ramener la bulle à 24 millimètres de cette extrémité. A partir de ce moment la bulle a encore continué, mais faiblement à se diriger à l'Est; le 11 mai elle est restée à peu près stationnaire, puis après être un peu retournée à l'Ouest elle s'est de nouveau avancée à l'Est d'environ 16 secondes jusqu'au 19 mai.

Dans l'opération au moyen de laquelle on vérifie l'horizontalité de l'axe d'une lunette méridienne on observe bien, du moins à Genève, un faible mouvement ascensionnel de l'Est pendant une partie de l'année, mais il ne paraît pas être aussi considérable que celui qu'accusent les niveaux dont je me sers, et jamais on n'a remarqué d'oscillations diurnes comme celles que le niveau avait signalées dans le pavillon.

Pour m'assurer que ces mouvements n'étaient pas dus à une particularité dépendant de la position du niveau j'ai repris les observations après avoir retourné le grand niveau. J'ai ainsi placé à l'Ouest l'extrémité de ce niveau qui avait été à l'Est jusqu'alors.

Du 20 mai à 8 heures du matin à minuit la bulle (de 55 millimètres) est restée stationnaire sauf un léger mouvement à l'Est à 6 heures du soir (voyez fig. 4); le 21 mai à minuit elle s'était approchée de l'Ouest de 11 millimètres (le millimètre, comme nous l'avons vu plus haut équivaut à peu près à 0",5); mais le 22 mai au matin elle avait regagné 4 mm. vers l'Est et à minuit elle était retournée de 3 mm. à l'Ouest.

Le 23 mai à 9 heures elle avait repris 2 mm. à l'Est

et à minuit elle avait rétrogradé de ces 2 mm. à l'Ouest.

Le 24 elle se trouvait de 3 mm. plus à l'Est et à minuit elle avait encore gagné 4 mm. dans le même sens.

Le 25 mai, à 9 heures, la bulle était retournée de 2 mm. à l'Ouest; à midi elle avait encore gagné brusquement 12 mm. dans cette direction; mais à minuit elle était revenue 8 mm. à l'Est.

Le 26, à 9 heures, elle avait encore gagné 1 mm. à l'Est et à 9 heures du soir 4 mm. de plus; mais à minuit elle était retournée 1 mm. à l'Ouest.

Le 27, à 9 heures, elle avait encore repris 5 mm. à l'Ouest, à midi elle était revenue 3 mm. à l'Est et a continué à se mouvoir dans ce sens jusqu'à minuit où elle avait avancé de 4 mm.

Le 28 mai, à 9 heures, elle se trouvait au même point, mais elle a continué à se diriger à l'Est jusqu'à 6 heures du soir, elle gagnait alors 2 mm., tandis qu'à minuit elle était retournée de 1 mm. à l'Ouest.

Le 29 au matin elle se trouvait de 3 mm. plus à l'Ouest, elle en a encore gagné 2 jusqu'à midi, puis elle est restée stationnaire jusqu'à minuit.

Le 30, à 9 heures, elle était retournée de 1 mm. à l'Est, elle s'est dirigée dans le même sens, gagnant 3 mm. à 9 heures du soir, et à minuit elle avait rétrogradé de 1 mm. à l'Ouest.

Enfin le 31 mai au matin 2 mm. étaient encore gagnés à l'Ouest, tandis qu'à minuit la bulle était retournée 5 mm. à l'Est.

Pendant ces douze jours les oscillations de l'Est à l'Ouest se sont effectuées autour de l'horizontale, ce qui prouve que pendant cette période il n'y a pas eu de soulèvement graduel de l'Est ni de l'Ouest.

Le petit niveau, orienté du Sud au Nord, a été observé simultanément du 24 au 29 mai. Dans cette position des oscillations diurnes se sont aussi manifestées distinctement, en même temps qu'un exhaussement graduel du Nord d'environ 7 secondes (voyez Pl. I, fig. 3) pour ces six jours. Le 25 mai il s'est produit un brusque soulèvement du Sud qui a occasionné une oscillation semblable le 26. Cette perturbation a produit un effet analogue sur le grand niveau, qui accuse un brusque soulèvement de l'Ouest le 25 mai (fig. 4). Dans l'orientation Nord-Sud les heures des points culminants au Nord des oscillations ne sont pas les mêmes que celles des points culminants à l'Est dans la position Est-Ouest. Mais, ni dans l'une ni dans l'autre on ne trouve la régularité que présente la figure 1.

En résumé il résulte de ces observations que, tandis que dans certaines périodes il se produit un exhaussement graduel de l'Est, sans retour notable à l'Ouest, (fig. 2), dans d'autres il y a des oscillations diurnes de l'Est à l'Ouest (fig. 1 et 4) d'une plus ou moins grande amplitude, se produisant tantôt en même temps qu'un mouvement ascensionnel continu de l'Est (fig. 1), tantôt sans qu'un mouvement de ce genre ait lieu (fig. 4). Il y a aussi des périodes pendant lesquelles l'horizontalité du niveau se maintient sans variations plus ou moins longtemps. Des phénomènes analogues se produisent aussi du Sud au Nord.

Je n'ai pas la prétention de me prononcer dès maintenant sur la cause des mouvements du sol que les déplacements de la bulle des niveaux permettent de reconnaître, ni sur les conséquences qu'on en pourra déduire; mais il ne me semble pas que l'existence d'oscillations du

sol, plus ou moins prononcées et plus ou moins régulières, puisse être mise en doute.

Je me propose de continuer ces observations avec des instruments aussi perfectionnés que possible, actuellement en construction dans l'établissement de Plainpalais, et j'ose espérer que les personnes que ce sujet intéresse voudront bien en entreprendre de semblables dans d'autres stations, soit pour confirmer les miennes, soit pour constater s'il existe une corrélation entre les mouvements de différentes localités[1].

[1] Les résultats de mes observations ont été communiqués à l'Académie des Sciences de Paris dans sa séance du 24 juin. Au moment de mettre sous presse, je reçois le numéro des *Comptes-Rendus* qui les contient. A la suite de cette communication, M. d'Abbadie a rappelé que depuis 1837 il avait fait des observations analogues à Olinda au Brésil, à Gondar en Éthiopie et à Abbadia près de Hendaye (Voir *Comptes-Rendus*, n° 25 (24 juin 1878), page 1528).

RECHERCHES

FAITES DANS LE

LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE

DE GENÈVE

IX

Sur les nerfs dits arrestateurs

Par M. le professeur SCHIFF.

(SUITE [1].)

3. *Sur le mode d'action des nerfs d'arrêt.*

On voit d'après ce que nous avons communiqué dans les deux premières parties de ce travail que l'on pourrait établir facilement une analogie entre les propriétes fonctionnelles des nerfs d'arrêt et celles des nerfs moteurs proprement dits, en admettant que dans les nerfs d'arrêt toutes les irritations, dont on se sert généralement en physiologie, produiraient des mouvements moléculaires qui constitueraient des *irritations négatives* par rapport à l'irritant physiologique qui agit normalement sur les extrémités périphériques de ces nerfs.

Cette hypothèse pourrait un jour nous rendre compte du phénomène singulier de l'arrêt, mais dans l'état

[1] Pour les deux premières parties de ce travail voyez *Archives*, 1877, tome LX, p. 489; 1878, tome LXI, p. 234, et tome LXII, p. 47.

actuel de la question, elle rencontre une difficulté sérieuse dans le fait, que dans les nerfs d'arrêt *toutes* les irritations connues devraient agir, par rapport à l'irritant physiologique, dans le sens d'antagonisme, pendant que dans l'*irritation négative*, comme nous l'avons décrite, il y a seulement certaines irritations déterminées ou déterminables, qui sont antagonistes de l'irritant périphérique, tandis que les autres irritations favorisent plutôt l'effet irritant.

Cette différence est telle, qu'il nous est très difficile d'établir une analogie entre les phénomènes de l'arrêt et ceux de l'irritation négative, sans être auparavant parvenus à l'expliquer.

On pourrait admettre que cette différence repose sur une particularité de la constitution moléculaire des nerfs dits arrestateurs. Mais en adoptant cette hypothèse on renoncerait à toute solution prochaine de la question en faisant appel à des découvertes qui sont probablement encore très éloignées.

On pourrait chercher la cause de cette différence dans la nature de l'irritation qui agit normalement sur les extrémités périphériques des nerfs d'arrêt. On pourrait examiner si ces irritants physiologiques sont d'une nature tout à fait particulière et si leur mode d'agir est à peu près le même dans les différents organes qui possèdent des nerfs d'arrêt. On chercherait d'un autre côté si tous les organes, qui sont mis en mouvement par un irritant analogue, possèdent des nerfs d'arrêt. Si cette supposition se vérifiait on pourrait peut-être proposer l'hypothèse que cet irritant agit d'une manière tellement différente de l'action des autres irritants connus en physiologie, que tous ces derniers, malgré les différences qu'ils présentent

entre eux, peuvent devenir négatifs par rapport à cet irritant physiologique.

Cette dernière manière de voir, quelque hypothétique qu'elle soit, nous a paru préférable à la première, parce qu'elle peut donner lieu à plusieurs séries de recherches expérimentales. Nous avons fait quelques expériences pour répondre aux questions indiquées, et nous allons en résumer ici les résultats, dans l'espoir que les faits qui en découlent conserveront une certaine valeur, même si les idées qui nous ont guidé devaient être rejetées.

a) Toute irritation négative est relative. Il s'agit donc de savoir en premier lieu si les nerfs d'arrêt s'opposent directement au mouvement de l'organe ou si l'effet habituel de leur irritation disparaît, si on remplace dans l'organe terminal l'irritant physiologique par un autre irritant d'une nature différente.

Sous ce rapport, nous avons déjà fait observer que le cœur, sous l'influence d'une irritation du nerf vague, qui l'arrête en diastole, répond à chaque irritation mécanique par une contraction énergique, qui s'étend sur toutes les divisions de l'organe, pourvu que ces irritations ne se suivent pas trop rapidement.

Si, dans la narcose éthérique ou chloroformique la plus profonde, on a ouvert le thorax d'un mammifère et on s'est assuré que le nerf vague fait cesser immédiatement tout mouvement du cœur, on comprime plusieurs fois le cœur en l'enveloppant avec la main, les battements réguliers cessent et le cœur se montre pendant longtemps en proie à des mouvements fibrillaires non interrompus par des diastoles. Ce qu'il est important de noter c'est que ces mouvements ne peuvent pas être interrompus par la tétanisation des nerfs, tandis que si des mouvements à

peu près semblables du cœur viennnent après une excitation électrique locale très énergique, le nerf vague conserve la faculté de les arrêter lorsqu'on tétanise son tronc, pourvu que celui-ci n'ait pas été empoisonné par une substance qui supprime son énergie arrestatrice.

Si nous examinons l'action arrestatrice des nerfs vagues par rapport aux irritants, qui peuvent produire un mouvement de la fibre musculaire du cœur, nous arrivons en effet à la conclusion importante, que l'action arrestatrice *dépend de la nature de l'agent irritant* et non de l'état du nerf ou de la forme du mouvement du cœur. Il n'y a en effet que deux espèces d'irritants dont l'effet peut-être modifié ou masqué par la tétanisation du vague, c'est l'irritant qui produit le mouvement physiologique et l'irritant électrique.

Nous reviendrons ailleurs sur l'irritant électrique pour compléter ce que nous en avons déjà dit dans nos publications antérieures. Dans ce moment nous n'avons pas à nous en occuper d'une manière plus détaillée. Le fait que l'effet de l'irritation électrique peut être neutralisé par une excitation du *nerf d'arrêt* ne peut pas former une objection très sérieuse contre notre supposition que ce nerf agit par une irritation négative, parce que nous avons vu qu'un autre nerf moteur ordinaire (le sciatique de la grenouille), si, par épuisement, il est transformé en nerf d'arrêt, s'oppose surtout à l'effet qu'une irritation *électrique* produit sur sa périphérie. Donc sous ce rapport l'analogie ne nous manque pas.

Cependant il faut ajouter que dans les expériences qui prouvent que l'excitation tétanique des nerfs arrestateurs dans le cœur neutralise l'effet d'une excitation électrique

de la substance du cœur, la tétanisation a pu être produite exclusivement par des courants d'induction.

J'aurais beaucoup désiré tétaniser le nerf d'arrêt avec d'autres agents irritants, par exemple par l'irritation mécanique, pendant que la substance du cœur se trouve sous l'influence d'oscillations électriques, mais je n'ai pas encore pu trouver une méthode convenable pour exécuter une telle expérience. Tout ce que j'ai tenté à cet égard renferme trop de sources d'erreurs. Si on trouvait plus tard que l'excitation par l'induction est la seule qui puisse donner une irritation négative avec l'irritation électrique de la périphérie dans la substance cardiaque, l'analogie avec l'expérience qui transforme le nerf sciatique en nerf d'arrêt, n'en serait que d'autant plus grande.

Mais nous avons à prouver surtout que l'irritant *physiologique* du cœur, celui qui provoque ses battements pendant la vie de l'animal, est dans un rapport spécial avec ce que l'on a appelé le phénomène d'arrêt.

Pour nous, comme pour l'école de Haller, cet irritant physiologique c'est le sang contenu dans les cavités du cœur. Le sang qui à travers les membranes du cœur agit sur la périphérie des nerfs doit donc produire dans celle-ci une modification moléculaire, dont l'effet est supprimé par un autre mouvement moléculaire excité dans les troncs du nerf vague par leur tétanisation. On comprend que cette hypothèse devient impossible si les terminaisons nerveuses dans le cœur ne sont pas une continuation fonctionnelle des troncs du nerf arrestateur. Cette manière de voir n'empêche pas, que ces terminaisons périphériques soient, par une espèce d'anastomose, dans un rapport analogue avec d'autres filets nerveux *contenus dans le vague,* dont l'excitation pourrait *favoriser* l'action

de l'irritant physiologique, et qui par conséquent agiraient sur le cœur en mouvement comme des nerfs *accélérateurs.*

Un des moyens les plus simples pour contrôler notre hypothèse serait d'examiner si, sans porter atteinte au nerf ou au muscle, il ne serait pas possible de remplacer le sang par un autre liquide irritant qui, quoique doué d'autres propriétés chimiques, serait capable de maintenir le mouvement du cœur à peu près comme dans l'état normal.

Il était à supposer que parmi ces liquides différents qui correspondent à ces conditions il y en aurait qui produiraient dans les nerfs périphériques du cœur un changement moléculaire différent de celui produit par le sang, mais capable néanmoins de provoquer les mouvements du cœur.

Si le nerf arrestateur produit son effet en empêchant directement la contraction du cœur, ou en augmentant les résistances qui s'y opposent, une modification du liquide circulant dans le cœur, qui laisse persister ses battements, ne peut supprimer l'action des nerfs d'arrêt qu'à deux conditions : Ou le liquide modifié agit comme une substance toxique sur les nerfs en modifiant de la sorte les nerfs d'arrêt. C'est de cette manière qu'agissent, d'après l'opinion généralement admise, les solutions même très faibles de sels d'atropine, de nicotine, d'aconitine et d'autres substances narcotiques.

Ou le liquide modifié agit comme un irritant périphérique très puissant qui provoque des contractions tellement énergiques, que le nerf arrestateur ne peut plus s'y opposer.

Si, en évitant ces sources d'erreur, on pouvait injecter

dans le cœur un liquide différent du sang et qui corresponde aux conditions indiquées; si alors sous l'influence de ce liquide le cœur ne pouvait plus être arrêté, si ses mouvements ne pouvaient plus être ralentis par la tétanisation du nerf vague; si au contraire ses mouvements étaient accélérés par l'irritation simultanée de l'accélérateur auquel le nerf d'arrêt ne ferait plus opposition, on serait forcé de conclure que l'action d'arrêt du vague *dépend de la nature de l'irritation produite par le liquide qui circule dans le cœur.*

On sait d'après les expériences de Cohnheim qui ont été confirmées par beaucoup d'observateurs, qu'on peut remplacer tout le sang d'une grenouille par une solution de chlorure de soude de 0,6 à 0,7 pour cent, et que l'animal dont tous les tissus rouges sont décolorés, qui ne possède presque plus de globules de sang, pendant que la solution saline circule dans ses vaisseaux peut survivre plusieurs jours avec une circulation parfaitement régulière, en exécutant des mouvements volontaires, ayant conservé toute sa sensibilité, et sans qu'aucun symptôme indique l'absence du fluide qui à une certaine époque a été considéré comme le véhicule de la vie. On sait que des nerfs humectés du liquide indiqué conservent leur excitabilité beaucoup plus longtemps que si on les avait baignés dans de l'eau ordinaire ou distillée. Cette solution de sel de cuisine de 7 pour mille a été regardée par les anatomistes et les physiologistes comme le fluide le plus indifférent vis-à-vis des éléments histologiques de la grenouille vivante[1] avec lesquels il est mis en contact.

Il est intéressant de savoir que ce liquide, injecté dans

[1] Dans ces dernières semaines Kronecker dans une communication reproduite dans les *Archives* de Du Bois-Reymond fait observer avec

le cœur de la grenouille vivante (décapitée avec destruction de la moelle épinière) jusqu'à ce que le contenu de l'organe apparaisse presque incolore, fait *cesser* immédiatement le pouvoir arrestateur des nerfs vagues. Il est indifférent que, dans cette expérience, le cœur se trouve encore dans le corps ou que l'organe avec ses nerfs ait été séparé du reste de la grenouille, que la circulation persiste ou non, pourvu que le cœur batte encore, et que la communication avec le tronc des nerfs vagues soit intacte. L'expérience réussit, soit que l'injection dans le cœur ait été faite par les vaisseaux soit qu'elle l'ait été par un petit trou pratiqué dans la substance du cœur. En même temps on peut voir que, pendant l'irritation, l'énergie et la fréquence des mouvements du cœur augmentent. L'augmentation que j'ai fait très souvent inscrire sur un cylindre tournant portant du papier enfumé, est généralement modérée, mais elle peut devenir très considérable, lorsque le cœur avant l'irritation des nerfs bat déjà très lentement et très faiblement.

Voici comment je fais ordinairement cette expérience. Chez une grenouille tuée de la manière indiquée on prépare les deux nerfs vagues, on coupe transversalement un des arcs de l'aorte, on soulève le cœur, dont la partie antérieure du péricarde a été éloignée pour couper le fil contenant une veine et du tissu connectif qui passe de la face postérieure du ventricule vers le feuillet postérieur du péricarde, et on lie une petite canule dans la veine cave ascendante ; cette canule doit être dirigée vers l'oreillette et peut se fixer sur l'ouverture d'une seringue,

raison que cette solution, contrairement à l'opinion généralement admise conserve moins parfaitement le mouvement du cœur que le sérum du sang.

d'une capacité supérieure à 3 centimètres cubes. Après ces préparations on tétanise les nerfs vagues pour se convaincre qu'il y a arrêt du cœur et que les préparations n'ont pas porté atteinte à l'intégrité du nerf. On fixe ensuite la seringue à la canule pour faire l'injection, dont une grande partie sort par l'aorte coupée après avoir lavé le cœur. L'injection doit être faite lentement pour ne pas trop distendre le cœur. Une trop forte distension pourrait produire une irritation mécanique, qui amènerait l'arrêt par une contraction idiomusculaire partielle ou totale. Une très faible contraction idiomusculaire, qui permet encore la continuation du mouvement neuromusculaire dans les parties faiblement contractées, n'empêche pas la continuation de l'expérience. On détache la seringue et les nerfs vagues sont irrités de nouveau. Il n'y a plus d'arrêt ni de ralentissement. On fait très bien de produire l'irritation induite des vagues avec des épingles électrodes dont on ne change plus la fixation après la première irritation pour faire autant que possible les différentes irritations dans les mêmes conditions.

On peut varier l'expérience de différentes manières. Très souvent après la section d'un des arcs de l'aorte, j'en ai lié l'autre pour empêcher le liquide injecté de pénétrer dans le corps de l'animal, de manière à ne pas agir sur la nutrition du tronc nerveux et la circulation générale. Dans d'autres cas j'ai lié la veine cave ascendante près du cœur, j'ai fait un trou dans la veine au-dessus de la ligature et j'ai fait pénétrer la canule de la seringue dans le cœur par une veine cave supérieure ou par le bulbe de l'aorte. Ces modifications n'ont produit aucun changement dans le résultat de l'expérience. Pour être sûr de ce résultat, je ne l'ai pas seulement répété un grand nombre de

fois, mais en vue du fait, que l'excitabilité du nerf vague des grenouilles montre des intensités différentes selon les saisons, la température, et même selon la provenance de l'animal, j'ai voulu répéter l'expérience à Genève pendant tout le cours de l'année, mais je n'ai pu la faire que dans 10 mois. Elle a échoué dans les mois de juillet et août parce que, dans ces mois-là (et je reviendrai sur ce point) les grenouilles, indépendamment de toute préparation, ne donnaient pas d'arrêt du cœur par l'irritation du vague. Je l'ai vérifiée sur des grenouilles de Berne, du Piémont, de la Toscane et des environs de Rome. Parmi les grenouilles de Berne se trouvaient les deux espèces *esculenta* et *temporaria*, les autres étaient *esculenta*. J'ai répété l'expérience avec le même effet sur des espèces de crapauds Bufo vulgaris de Rome, Bufo calamita de Genève, Bombinator igneus de Genève, et sur deux individus de Lacerta viridis.

C'est seulement chez les Rana esculenta de Genève et 4 individus de R. temporaria de Berne, qui avant l'expérience ont été portés à Genève, que j'ai pris des graphics, qui m'ont montré une augmentation réelle de la fréquence. Chez les autres cette augmentation *parut* exister, mais j'ai jugé seulement d'après l'apparence.

Il est évident qu'avec le liquide indiqué (je me suis tenu ordinairement à 5 à 7 de chlorure de soude pour mille) je n'ai pas pu produire des effets toxiques et priver le nerf arrestateur de son excitabilité. Si le liquide après quelque temps était lavé et remplacé par du sérum de sang de lapin, de chien ou de bœuf l'action arrestatrice reparaissait, même si *un peu* de sel était ajouté au sérum ou au sang. Il m'a paru, mais je ne possède pas encore des données exactes à l'appui de cette assertion,

que pour que l'arrêt disparaisse il faut ajouter au sang de grenouille une quantité de sel beaucoup plus petite qu'il n'en faut pour que le sérum ou le sang de mammifères mêlé au sel et injecté dans le cœur des grenouilles fasse disparaître l'arrêt. En tout cas il est certain que le sérum des mammifères pur ou mêlé à *un peu* de chlorure de sodium agit sous ce rapport comme le sang normal des grenouilles et excite le cœur de manière que la tétanisation des vagues devient une forte irritation négative.

Quant aux autres solutions que j'ai examinées, il n'y en a pas beaucoup chez lesquelles on peut exclure tout soupçon d'une action toxique. J'ai vu une action analogue à celle du chlorure de sodium 7 pour mille par le phosphate de soude à 8 $^1/_4$ pour mille, par l'acétate de soude à 5 pour mille, et par la solution de quelques autres sels dont je n'ai pas pu encore bien déterminer la densité, parce que le temps que j'ai pu consacrer à ces expériences n'a pas suffi pour leur donner l'extension voulue. Mais le détail de ces faits a beaucoup moins d'intérêt que l'expérience fondamentale, qui établit et assure le principe.

Parmi ces expériences il y en a une série qui offre un intérêt particulier. Si on injecte une solution de chlorure de sodium très forte au moins de 9 pour cent dans le cœur d'une grenouille, quelquefois le cœur s'arrête dans les premiers moments pour reprendre bientôt ses pulsations ; quelquefois, si l'injection est faite très lentement, avec beaucoup de précautions, mais avec une énergie suffisante pour laver le sang qui se trouve dans les sinuosités et les canaux des parois des ventricules, les pulsations ne souffrent aucune interruption. L'action arresta-

trice des vagues *est maintenue.* Si ensuite, on injecte la solution ordinaire et moins dense, les pulsations restent les mêmes, mais le vague n'agit plus comme arrestateur. On peut de cette manière faire alterner plusieurs fois de suite l'action de la solution dense et de la solution dite physiologique. Cette dernière détruit toujours l'action arrestatrice, qui a été rétablie par la première. Il s'ensuit qu'au point de vue qualitatif la première doit irriter d'une manière différente que la seconde. Mais, si nous envisageons le point de vue quantitatif, la solution *plus* concentrée de sel doit avoir une action locale plus énergique que la solution beaucoup *moins* concentrée.

Nous avons dit que toutes les expériences de cette nature peuvent renfermer deux sources d'erreurs. Nous nous sommes crus dispensés de prouver que notre expérience fondamentale n'est pas entachée de la première, c'est-à-dire que la solution de sel de 7 pour mille n'est pas un agent toxique pour le nerf. Mais nous n'avons pas encore éloigné la seconde, c'est-à-dire nous n'avons pas encore prouvé que la cause qui abolit l'action arrestatrice après notre injection dans le cœur, n'est pas une irritation trop forte du tissu du cœur, contre laquelle l'action du vague serait insuffisante. S'il en était ainsi, une solution plus concentrée, qui produit une irritation locale encore plus énergique, devrait à plus forte raison anéantir l'action arrestatrice. Le fait qui précède nous montre le *contraire.* Cette action revient, se rétablit, si la solution devient beaucoup plus forte. Donc la disparition de cette action après l'injection de la solution faible ne dépend pas d'une irritation locale trop énergique du tissu du cœur. *Quod erat demonstrandum.*

J'étais très curieux de savoir si la même expérience

réussit aussi chez les mammifères. J'ai fait mes expériences sur des lapins, de jeunes chats et sur deux espèces de chauve-souris (*murinus* et *Noctula*). Les animaux furent tués par la section du bulbe et on fit provisoirement la respiration artificielle pour refroidir le corps et pour prolonger la durée des pulsations du cœur après l'ouverture du thorax. Chez un certain nombre de lapins et chez deux petits chats préparés de cette manière on a cherché à remplacer le sang par une solution de sel de 8 pour mille comme cela peut se faire chez les grenouilles. On détermine par la distance des deux bobines la force d'un courant d'induction qui donne par le nerf vague un arrêt durable du cœur, ensuite on ouvre une veine jugulaire, on laisse couler lentement le sang par le bout supérieur de la section, en éloignant les coagulations quand le flux se ralentit sensiblement, et on fait entrer par l'ouverture inférieure vers le cœur la solution de sel sous la pression de à peu près 25 à 22 centimètres d'eau. Lorsque cette espèce de transfusion est continuée pendant quelque temps, on voit quelque contraction irrégulière dans les muscles des extrémités ou de la colonne vertébrale et avant que le sang, qui s'écoule du bout supérieur de la veine, perde sa coagulabilité, pendant que sa couleur est encore rose pâle, les animaux meurent. On reconnaît la mort par la cessation des mouvements réflexes et surtout par la descente presque à zéro d'une colonne manométrique de mercure qu'on a mise en communication avec une des artères carotides. Les mouvements du cœur persistent encore. On ouvre vite la cavité thoracique, pour voir le cœur, on met les nerfs vagues en communication avec les rhéophores. Avant de mettre la pile en communication avec l'appareil d'induction on compte les pulsa-

tions. On irrite les nerfs avec la force du courant qui avait donné un arrêt complet, il n'y a pas même trace de diminution de la fréquence, mais si l'on augmente la force du courant, on peut enfin arriver à une force qui donne *une trace* de diminution, jamais un arrêt. Cette diminution est généralement très légère et souvent on s'en aperçoit seulement quand on compte, la montre à la main, le nombre des battements dans un temps donné. Assez souvent on n'obtient cette diminution qu'avec des courants dont la force surpasse de beaucoup celle qui est généralement permise dans les expériences de physiologie, ou quand on se sert d'une force qui donne déjà inévitablement des déviations unipolaires qui tétanisent les extrémités antérieures. Ces déviations ne peuvent avoir aucune influence sur le point spécial qui nous intéresse ici.

Lorsqu'on fait passer des courants très intenses par la substance du cœur, par les oreillettes ou transversalement par le sinus des veines caves, on n'obtient point d'arrêt local, mais on peut voir des ralentissements peu prononcés se produire dans des conditions analogues à celles qui en provoquent sous l'action des nerfs vagues. Ces ralentissements, quand on irrite le ventricule, se montrent seulement dans le petit espace interpolaire et il y a accélération dans le reste du cœur.

Ces expériences montrent que chez les mammifères la solution de sel a la tendance d'agir comme chez les grenouilles; mais, parce que le cœur n'a pas pu être complétement, ni même approximativement, débarrassé de son sang, l'action du sel reste incomplète. L'arrêt disparaît, mais il reste une trace de ralentissement par les fortes irritations.

Dans les chauve-souris et dans quelques autres

mammifères j'ai essayé de rendre l'expulsion du sang plus complète en ouvrant le thorax, et en injectant la solution de sel (à 0,8 pour cent) directement dans le cœur. Bien que j'eusse lié les veines caves, ouvert l'arc de l'aorte, le résultat ne fut en général pas plus complet. Il restait toujours une coloration rouge du liquide injecté, ce qui indique la présence d'une certaine quantité de sang. Le vague n'arrêtait plus, mais en augmentant toujours et successivement la force du courant induit, on pouvait voir enfin une trace de ralentissement. Seulement chez deux ou trois chauve-souris chez lesquelles j'avais fait entrer une grande quantité de sel par une ouverture de ponction des parois du cœur, le résultat fut complet; au lieu d'un ralentissement, la faradisation des vagues et celle du cœur (dont la substance était devenue très pâle) donnait une augmentation modérée de la fréquence des pulsations, et jamais, même avec des courants insupportables dans la main, on n'a eu une diminution.

Une série d'expériences qui promettait beaucoup et qui n'a rien donné, consistait à injecter chez des jeunes mammifères seulement *une* des cavités du cœur, après avoir lié les vaisseaux qui communiquent en *dehors* du cœur avec l'autre moitié. L'expérience a été tentée avec le cœur gauche et avec le cœur droit, mais on n'a pas lié les vaisseaux coronaires. L'effet était toujours comme si *tout* le cœur avait été injecté, et on pouvait conclure qu'une certaine quantité de sel avait été transportée d'une moitié du cœur à l'autre. Ces expériences seront répétées avec plus de précaution.

On voit par ce qui précède qu'une altération non toxique du liquide contenu dans le cœur, et compatible avec la conservation du mouvement et de la circulation,

peut supprimer l'action arrestatrice des nerfs vagues, non, dans notre opinion, en modifiant l'excitabilité de ces nerfs, mais en substituant à la forme de l'irritation du cœur une autre irritation chimique, pour laquelle la tétanisation des vagues ne constitue plus ce que nous appelons une irritation négative.

Il est à supposer qu'il y a encore d'autres modifications dans la composition du sang qui ne se traduisent que par des symptômes très irrélevants dans les fonctions de l'organisme, qui sont compatibles jusqu'à un certain degré avec la continuation de la vie, mais qui modifient l'irritation du cœur dans le même sens, qui privent pour ainsi dire l'action arrestatrice de son point d'appui. En été on trouve quelquefois des grenouilles en santé apparente et qui cependant ne montrent plus l'arrêt ou le ralentissement par l'irritation du vague ou du sinus de la veine cave. On peut s'assurer, et je m'étonne que l'indication de ce fait manque encore dans la littérature physiologique, que le plus souvent ce n'est pas un fait isolé, mais que des familles de grenouilles que l'on examine montrent la même perte de l'action arrestatrice chez tous les individus qui la composent.

Si on possède un grand nombre de ces grenouilles, on peut en examiner successivement un certain nombre dans les différents mois de l'automne. On trouvera que cette perte se maintient. Les grenouilles peuvent être conservées pendant tout l'hiver, jusqu'au mois de février, sans que le nerf vague redevienne arrestateur.

Il est probable que la grande chaleur de l'été produit chez ces bêtes en captivité une altération particulière du sang, qui chez les mêmes individus ne guérit pas, tant qu'ils restent dans nos réservoirs, même lorsque la cha-

leur a cessé. Il est possible que dans ce cas l'altération du sang agisse de la manière que nous avons décrite, mais il faut en tout cas encore des expériences directes pour réfuter une autre hypothèse, d'après laquelle le corps qui se développerait dans le sang agirait de la manière qu'on attribue généralement aujourd'hui (sans raisons suffisantes), aux faibles solutions d'atropine, c'est-à-dire comme paralysant directement le nerf d'arrêt.

J'ajoute que dans les cas dont je parle et que j'ai observés plusieurs fois, le nerf arrestateur est en effet *sans action* sur le cœur, même si on cherche à l'irriter par les différentes méthodes qui peuvent éveiller son excitation *réflexe*. J'insiste sur ce point parce que dans une thèse écrite en russe qui, il y a quelques années, a été imprimée à Varsovie, M. Borussowitsch indique qu'il n'a pas pu continuer en été des recherches sur l'arrêt du cœur qu'il avait commencées dans le laboratoire de l'Université varsovienne, parce que le vague des grenouilles avait perdu l'*excitabilité électrique*, bien qu'il soit resté excitable pour des irritants qui agissent par la voie réflexe sur les centres des nerfs vagues. Ce n'est pas un fait du genre de ceux qui forme le sujet de l'intéressante observation de M. Borussowitsch qui a pu nous tromper, mais nous avions à faire à des cas, dans lesquels *toutes les espèces* d'irritation du nerf vague n'ont pu produire ni arrêt du cœur ni un ralentissement de ses mouvements.

Si l'on renferme de jeunes lapins dans une étuve chauffée à 34 ou 36 degrés, il survient après quelques heures une prostration générale avec difficulté de la respiration, qui devient haletante et très accélérée. Lorsque l'épuisement et la prostration des animaux est très forte, la fa-

culté arrestatrice du vague est perdue ou réduite à un minimum. Est-ce là un effet d'une altération du sang ?

L'épuisement de la faculté arrestatrice du vague qui se trouve dans l'état de narcotisation qui suit la ligature de la veine porte chez les chats (30 à 40 minutes après la ligature) et chez les chiens (90 minutes après la ligature) provient évidemment d'une altération du sang. Mais comment agit cette altération ?

Lorsque sur un chien ou sur un chat on ouvre l'aorte thoracique ou abdominale après qu'elle a été comprimée depuis quelques minutes, il vient une accélération du pouls avec forte dépression du pouvoir arrestateur des vagues. Cette dépression est de courte durée. Si la compression de l'aorte dure très longtemps, la dépression de l'action arrestatrice vient déjà avant l'ouverture du vaisseau et je prouverai que cette dépression est due à une altération du sang produite par la stagnation de ce liquide, dans les parties dont la circulation est devenue très rudimentaire par la compression vasculaire.

La preuve de cette assertion sera donnée dans un autre mémoire.

ESSAIS D'OXYDATION

PAR

L'OXYGÈNE LIBRE DE DIFFÉRENTS HYDROCARBURES BROMÉS,

CHLORÉS ET CHLOROBROMÉS NON SATURÉS

PAR

MM. E. DEMOLE et Henri DÜRR

L'un de nous a montré dernièrement que l'éthylène dibromé et l'éthylène tribromé, agités à la température ordinaire avec de l'oxygène sec, absorbent ce dernier gaz avec dégagement de chaleur, et qu'il en résulte la formation de *bromures de bromacétyle et de dibromacétyle*[1].

Il nous a paru de quelque intérêt de chercher à généraliser cette réaction, dans le double but d'en éclaircir le mécanisme et d'assurer en même temps la constitution de plusieurs acides bromés.

Oxydation des composés

$$\begin{array}{ccccc} CHBr & & CBr_2 & & CCl_2 \\ \| & & \| & \text{et} & \| \\ CH_2 & & CBr_2 & & CCl_2 \end{array}$$

Les intéressantes recherches de M. Berthelot[2] nous ont appris que l'oxygène *naissant*, dégagé par l'acide chromique à une température assez élevée (120° C.), pouvait

[1] *Archives*, mai 1878, t. LXI, p. 296.
[2] Comptes rendus, LXVIII, 334.

oxyder quelques-uns des hydrocarbures C_nH_{2n} en donnant tantôt l'aldéhyde, tantôt l'acétone correspondantes. Mais l'on sait assez que l'oxygène libre est sans aucune action, même à une température élevée, sur les hydrocarbures C_nH_{2n}. Il s'agissait de savoir si cette indifférence vis-à-vis de l'oxygène libre se remarquait également chez le premier terme bromé C_2H_3Br.

On a vu déjà [1] qu'à la température ordinaire, ce corps ne paraissait pas subir d'oxydation par son contact avec l'oxygène libre. A la température de son point d'ébullition (23 — 24°), traversé pendant plusieurs heures par un courant lent d'oxygène sec, il ne s'est également produit aucun changement. En ajoutant de la mousse de platine calcinée à l'air, dans l'expérience précédente, l'on n'a pas davantage observé d'oxydation. Il paraît probable qu'en opérant sous pression, cette oxydation se produirait ; mais puisqu'elle ne se produit pas à la température ordinaire, il faut en conclure que la stabilité de ce composé est bien supérieure à celle des produits bichlorés et bibromés.

Le corps $\begin{matrix} CCl_2 \\ \| \\ CCl_2 \end{matrix}$ (bouillant vers 121°), traversé durant une heure par un courant d'oxygène sec, et maintenu à la température de son point d'ébullition, n'a pas subi la moindre oxydation.

Quant au corps $\begin{matrix} CBr_2 \\ \| \\ CBr_2 \end{matrix}$, on en a préparé une assez grande quantité par la destruction du composé $\begin{matrix} CHBr_2 \\ | \\ CHBr_2 \end{matrix}$ au moyen de la potasse alcoolique.

[1] Loc. cit.

L'éthylène tétrabromé bout à (216°-218°.).

Environ 50 gr. de ce corps ont été maintenus à l'ébullition pendant une heure en présence de la mousse de platine et de l'oxygène sec. Au bout de ce temps, la masse avait un peu bruni, mais aucune oxydation ne s'était manifestée.

Il est très remarquable de considérer la stabilité des termes C_2Cl_4 et C_2Br_4, comparée à l'instabilité extrême des termes $C_2H_2Br_2$ et C_2HBr_3 ; il paraît évident que c'est l'absence d'hydrogène qui rend si grande cette stabilité.

Oxydation du composé $C_2H_2Cl_2$.

V. Regnault[1] a montré que ce corps abandonné à l'air se transforme très rapidement en un polymère solide, comme le fait l'éthylène dibromé. Il était intéressant de constater s'il y avait aussi parallélisme de réaction vis-à-vis de l'oxygène sec. Quelques grammes d'éthylène dichloré pur (38-40°) furent agités avec de l'oxygène sec dans un flacon bien bouché. En ouvrant ensuite ce dernier, on observa que le bouchon était chassé avec violence au lieu d'être attiré, et qu'une notable portion de vapeurs s'échappaient. Ces vapeurs, mises en présence de l'ammoniaque, donnent de suite des fumées blanches, abondantes, preuve certaine de l'oxydation de l'éthylène dichloré. En répétant l'expérience plusieurs fois, presque tout le liquide fut bientôt volatilisé et une petite quantité seulement fut oxydée, ce qui se comprend, puisque l'oxydation ne commence probablement à se faire que vers le point d'ébullition de $C_2H_2Cl_2$. En revanche le polymère solide, se forme en notable quantité dans cette expérience.

[1] *Annales de chim. et physiq.* 1838, t. LXIX, p. 157.

L'oxydation de l'éthylène dichloré par l'oxygène libre est donc bien manifeste, alors même qu'il ne nous a pas été possible d'isoler les produits formés.

Oxydation de l'éthylène chlorobromé

$$\begin{array}{c} CHCl \\ \| \\ CHBr \end{array}$$

L'éthylène chlorobromé a été préparé pour la première fois par Müller [1] en décomposant par C N K le corps $C_2H_3ClBr_2$. Ce chimiste a observé que ce corps qui bout vers 55-58° est fort peu stable et se transforme rapidement en une substance solide.

Il nous a paru intéressant d'étudier sur ce composé l'action de l'oxygène sec, à cause de la complexité des résultats possibles.

En effet, agissant sur une molécule semblable, l'oxygène pouvait donner

$$\begin{array}{l} CH_2Cl \\ | \\ C{=}O \\ \diagdown Br \end{array} \quad \text{ou} \quad \begin{array}{l} CH_2Br \\ | \\ C{=}O \\ \diagdown Cl \end{array}$$

ou peut-être aussi un mélange de ces deux corps [2].

[1] *Annalen d. Chem. u. Pharm.* Suppl. Band III, p. 287.

[2] Pour obtenir une grande quantité de C_2H_2ClBr, nous avons opéré de la façon suivante :

On sature du brome refroidi dans la glace, par le corps C_2H_3Cl ; on lave à la potasse, à l'eau, sèche et distille. Il passe presque uniquement un corps bouillant vers 160° et qui n'est autre que $C_2H_3ClBr_2$.

On attaque 200 gr. de ce dernier corps par 195 CC. de potasse alcoolique et froide, mais saturée. La réaction achevée, on reprend par beaucoup d'eau, on lave et on sèche très-soigneusement sur $CaCl_2$ dans une atmosphère de gaz d'éclairage ; puis l'on distille, en se plaçant le plus possible à l'abri de l'air.

L'oxydation du corps C_2H_2ClBr présente des difficultés. Pour peu que l'oxygène ne soit pas absolument sec et que l'oxydation ne se fasse pas à une température élevée, en peu de minutes le liquide se transforme en une pâte formée par le polymère solide. L'agitation avec l'oxygène produit de suite un accroissement de température très-notable; l'oxygène est alors absorbé très-vivement et il en résulte un vide produit dans le flacon où l'on opère; grâce à ce vide, le liquide entre en ébullition et le bouchon du flacon saute avec violence. Le mieux est d'opérer sur de petites quantités, d'avoir des produits très-secs et d'oxyder à une température aussi élevée que possible. Dans ces conditions, on n'obtient que peu du produit solide; toutefois il ne nous a jamais été donné de l'éviter complétement.

Le liquide ambré résultant de l'oxydation, fume abondamment à l'air; il est de suite soumis à la distillation. On isole assez rapidement un peu du corps inaltéré C_2H_2ClBr, une très-petite quantité d'une huile bouillant au-dessus de 140° [1] et enfin une grande quantité d'un liquide bouillant de 128-132°. Ce liquide a fourni à l'analyse des quantités de C, de H, de Br et de Cl qui répondent à la formule C_2H_2ClBrO. Nous savons par les expériences de de Wilde [2] et de Gal [3] que le chlorure de bromacétyle et le bromure de chloracétyle ont tous deux le même point d'ébullition, en sorte qu'on ne peut

[1] Dans l'oxydation du corps $C_2H_2Br_2$, on a pareillement observé la formation d'une minime quantité d'huile bouillant vers 200° et paraissant être $C_2H_2Br_4$. Dans ce cas-ci le corps huileux serait $C_2H_2Br_2Cl_2$.

[2] *Bulletin de la Société ch. de Paris.* 1864, f. 1, p. 424.

[3] Ibid., p. 426.

pas d'emblée décider si le composé chloro-bromé, obtenu dans l'expérience précédente, se trouve être le chlorure ou le bromure ou un mélange des deux corps. Les produits de destruction de ce composé par l'eau et l'alcool pouvaient seuls décider de la question.

On a d'abord essayé l'action de l'eau qui, à 100°, détruit aisément le corps chlorobromé ; le produit de destruction fut épuisé par l'éther, ce dernier chassé et le résidu soumis à la distillation. Après 100° le thermomètre monta rapidement à 170° et à 195° tout le liquide avait distillé, se prenant par refroidissement en gros cristaux fusibles au-dessous de 100°. Ce corps bouillant de 170 à 195°, constitue un mélange des acides chlor et bromacétiques dont la séparation est pour ainsi dire impossible lorsqu'on opère sur de petites quantités. Après un très-grand nombre de distillations, le point d'ébullition le plus constant était toujours 190-192°. Les portions bouillant avant 190° renfermaient principalement du chlore, tandis que les portions bouillant le plus haut contenaient surtout du brome. En outre il faut remarquer que l'eau qui a servi à détruire le composé chlorobromé bouillant à (128-132°), renferme les acides chlorhydrique et bromhydrique.

Il est donc bien évident que ce produit d'oxydation renfermait un chlorure et un bromure d'acide. Nous avons essayé de le prouver plus exactement en étudiant ses produits de destruction par l'alcool. Ce dernier attaque avec vivacité le composé chlorobromé ; on reprend par beaucoup d'eau, on sèche et on distille, et l'on obtient presque exclusivement un liquide bouillant à 140-160°.

L'éther chloracétique bout à 143°,5.
» bromacétique » 159.

On a préparé une assez grande quantité de ce mélange et on l'a soumis à la distillation fractionnée en faisant des fractions de 1°. Malgré tout ce travail, il n'a pas été possible d'obtenir les deux éthers à l'état de pureté.

Toutefois l'éther chloracétique a été caractérisé par son point d'ébullition (142-145°) et par sa teneur en chlore. L'éther bromacétique a été caractérisé par son point d'ébullition (158-159°), par sa teneur en brome et par son odeur caractéristique provoquant le larmoiement.

Il est donc certain que la formation des mélanges d'acides et d'éthers chlor- et bromacétiques par la destruction, au moyen de l'eau et de l'alcool, du produit d'oxydation chlorobromé (bouillant à 128-132°), ne doit pas laisser de doute sur la nature de ce produit, qui se trouve être un mélange de chlorure de bromacétyle et de bromure de chloracétyle.

Il nous a toutefois paru probable qu'il y avait excès des produits bromés (parmi les produits de destruction au moyen de l'eau et de l'alcool), ce qui correspond dès lors à un excès de chlorure de bromacétyle parmi les produits d'oxydation.

Il n'est pas, de fait, très-étonnant de voir le corps

$$\begin{array}{c} CHBr \\ \| \\ CHCl \end{array} \quad \text{donner par l'oxygène le mélange} \quad \begin{array}{l} CH_2Cl \\ | \\ C{=}O \\ \diagdown Br \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{l} CH_2Br \\ | \\ C{=}O \\ \diagdown Cl \end{array}$$

si l'on considère la facilité presque égale avec laquelle s'oxydent les composés

$$\begin{array}{c} CHCl \\ \| \\ CHCl \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{c} CHBr \\ \| \\ CHBr \end{array}$$

Polymère solide de l'éthylène chlorobromé C_2H_2ClBr

En quelques minutes d'exposition à l'air, le corps C_2H_2ClBr se prend en une masse blanche, fumant à l'air, que l'on peut sécher sur des briques, laver à l'alcool, sécher à 100°, mais qui, à une température plus élevée, se détruit en laissant un résidu de charbon. Ce corps, d'après les analyses, a exactement la formule

$$n\ (C_2H_2ClBr)$$

C'est donc bien le correspondant des polymères solides de $C_2H_2Cl_2$ et $C_2H_2Br_2$.

Oxydation de l'amylène bromé.

L'amylène bromé possédant un groupe CHBr bivalent, on pouvait espérer que pareillement à ce qui se passe dans la série éthylénique, on obtiendrait par l'oxygène libre, un bromure d'acide. Le corps C_5H_9Br pur, chauffé pendant une heure au réfrigérant ascendant, et traversé par un courant d'oxygène sec, s'est trouvé après cela avoir peu changé; à la distillation, on a obtenu de l'amylène bromé; l'ammoniaque ne donne aucune fumée blanche à son contact, et l'on peut admettre que l'oxydation n'a pas eu lieu.

De ces différentes expériences, on peut déduire :

1° Que chaque fois qu'un produit de substitution, bromé, chloré ou chlorobromé de l'éthylène, abandonné à l'air, se polymérise, il est également capable à une température différente, d'absorber l'oxygène libre et de passer à l'état de chlorure ou de bromure d'acide.

2° Que lorsque cette polymérisation ne se produit pas, l'oxydation ne peut pas non plus avoir lieu.

3° Que les termes perchlorés et perbromés C_2Cl_4 et C_2Br_4, ne renfermant plus d'hydrogène, ne peuvent ni se polymériser, ni subir d'oxydation par l'oxygène libre.

4° Que dans les séries homologues de celle de l'éthylène, les dérivés bromés substitués ne paraissent susceptibles ni de se polymériser ni de s'oxyder par l'oxygène libre [1].

Vevey, juin 1878.

[1] Ceci demanderait toutefois à être vérifié dans d'autres séries.

EXPÉRIENCES ET THÉORIE

SUR LA

TRANSFORMATION DE L'ÉTHYLÈNE DIBROMÉ $\begin{matrix} CHBr \\ \| \\ CHBr \end{matrix}$

EN

BROMURE DE BROMACÉTYLE $\begin{matrix} CH_2Br \\ | \\ C=O \\ \diagdown Br \end{matrix}$

AU MOYEN DE L'OXYGÈNE LIBRE

Par M. E. DEMOLE

Deux phénomènes bien différents se produisent, ainsi qu'on l'a vu dans le travail précédent, lorsque l'éthylène dibromé est exposé à l'air dans des circonstances peu dissemblables.

Tantôt ce corps devient solide, amorphe et présente cependant la même composition que $C_2H_2Br_2$ [1]; tantôt il fixe un atome d'oxygène en donnant ainsi du bromure de bromacétyle [2].

A la vérité, il est rare que ces deux phénomènes se manifestent l'un sans l'autre; le corps polymérique étant généralement souillé par l'acide organique correspondant, et le bromure d'acide généralement accompagné du corps polymérique.

[1] Sawitsch, *Jabresbericht*, Jahresbericht, t. LX, p. 430. — Regnault, *Ann. de chim. et phys.* 1838, t. LXIX, p. 157. — Lennox, *Chem. quart. Journ.*, tome XIII, p. 206.

[2] *Berichte d. d. ch. Gesellsch.* 1878, p. 315.

Je parlerai d'abord des expériences entreprises pour délimiter les circonstances dans lesquelles ces corps se produisent, après quoi j'essaierai d'interpréter leur formation.

I

Expériences sur l'éthylène dibromé, dichloré, chlorobromé et tribromé pour délimiter les circonstances dans lesquelles ces corps subissent une polymérisation ou une oxydation.

Abandonné dans un tube scellé à la lampe, avec le moins d'air possible, l'éthylène dibromé se trouble légèrement pendant les premières heures; il se forme dans la partie inférieure du tube une minime quantité du polymère solide, mais ce dernier n'augmente pas, et le liquide peut ainsi se conserver indéfiniment. Dans les mêmes circonstances, au contraire, $C_2H_2Cl_2$, paraît graduellement se polymériser ; cependant, cette polymérisation ne paraît pas entièrement s'achever, car un mois après la fermeture du tube, on retrouve encore dans ce dernier une faible quantité du liquide $C_2H_2Cl_2$ inaltéré.

Placé sous une couche d'eau un peu épaisse $C_2H_2Br_2$ se conserve assez bien; cependant, si l'eau est en communication avec l'air, la polymérisation s'accomplit lentement.

Le même corps abandonné dans l'atmosphère d'un gaz inerte n'y subit qu'une transformation très-limitée, mais la plus petite introduction d'air détermine de suite la polymérisation. Traversé d'un courant électrique faible, en l'absence de l'air et de l'eau, $C_2H_2Br_2$ n'a pas subi de modification; la moindre introduction d'eau, en revan-

che, correspond immédiatement à la production du polymère [1]. Enfin, une chaleur sèche de 150° pendant 15 heures en l'absence de l'air paraît être sans action sur le même corps.

L'air est donc indispensable pour que le polymère prenne naissance. Voici maintenant une expérience qui prouve que l'oxydation a lieu parallèlement avec la polymérisation : 100 gr. d'éthylène dibromé (87-95°) ont été exposés à l'air dans une capsule de verre. Au bout d'une demi-heure la température extérieure étant de 15° la température du liquide était arrivée à 30°. A ce moment la majeure partie du liquide s'est polymérisée, la température décroît et il se dégage d'abondantes vapeurs d'acide bromhydrique. Au bout de 12 heures l'expérience est achevée. Le magma amorphe, blanc, est séparé d'une liqueur qui le baigne; cette dernière forme deux couches de densités différentes. La couche inférieure est une huile insoluble dans l'eau, qui, lavée, séchée et distillée, bout vers 200° et paraît, d'après les analyses, être le corps $C_2H_2Br_4$ [2]. La couche supérieure est soluble dans l'eau, fortement acide et attaque vivement la peau.

Reprise deux fois par l'éther, elle a cédé à ce dernier un acide organique bromé, bouillant de 206 à 208° et qui présente les propriétés de *l'acide bromacétique.*

Dans l'expérience précédente, il y a trois facteurs en présence qui peuvent, soit isolément, soit réunis, concourir à la formation des phénomènes observés. Ce sont : *l'oxygène, l'eau* et la *température.* On a cherché à isoler leur action de façon à pouvoir mieux l'apprécier.

Dans deux flacons remplis d'air, l'un humide, l'autre

[1] Par le fait de la production de l'oxygène.

[2] Ce composé paraît aussi se former quand on oxyde $C_2H_2Br_2$.

sec, on a introduit une égale quantité d'éthylène dibromé. Au bout de 12 heures, le flacon humide renfermait davantage de polymère solide que le flacon sec, et en revanche ce dernier contenait une petite quantité de bromure d'acide et presque pas de polymère solide.

On a ensuite desséché un courant d'air en le faisant traverser 4 à 5 flacons de Woulf remplis d'acide sulfurique et un tube de chaux sodée, on a fait arriver ce courant d'air ainsi purifié dans de l'éthylène dibromé maintenu à 15°. Au bout de quelques heures déjà il y avait une certaine quantité de polymère solide formé, et passablement de bromure de bromacétyle; toutefois, à cette température, ce dernier prend naissance avec une extrême lenteur au moyen de l'air.

Ce même courant d'air sec a été conduit dans l'éthylène dibromé maintenu à son point d'ébullition. Au bout de quelques heures, il ne s'était à peu près point formé de polymère solide, mais bien une notable proportion de bromure de bromacétyle.

L'éthylène dibromé mis dans un flacon avec de l'oxygène sec, à la température ordinaire, donne, comme avec l'air sec, une petite quantité de polymère solide; mais si d'emblée on a soin d'agiter le flacon, c'est-à-dire d'augmenter la température en favorisant la réaction, on peut quelquefois arriver à n'avoir que du bromure de bromacétyle. L'éthylène dibromé, porté à 50° et additionné d'eau, par une violente agitation avec de l'oxygène, donne environ la moitié de son poids de bromure de bromacétyle, de suite détruit, tandis qu'il ne se forme qu'une moitié de polymère solide. Mais, si cette même expérience se passe à la température de 15 à 20°, les trois quarts de $C_2H_2Br_2$ passent à l'état solide. L'éthylène tribromé

C_2HBr_3 paraît, vis-à-vis de l'oxygène ou de l'air, se comporter comme le corps précédent, mais toutefois avec plus de lenteur. Lennox (loc. cit.) a déjà observé que l'air modifie ce composé et le transforme en un polymère cristallisé.

Si l'on débarrasse les cristaux des eaux mères qui les baignent, on voit que ces dernières sont fortement acides; en les traitant par l'éther et évaporant ce dissolvant, il reste un acide bromé, bouillant au-dessus de 208° avec décomposition; son sel d'argent a été analysé : c'est *l'acide dibromacétique.*

Il y a donc parallélisme complet entre l'action de l'air sur $C_2H_2Br_2$ et sur C_2HBr_3; ces deux combinaisons sont simultanément polymérisées et oxydées.

L'air agissant sur une solution alcoolique de $C_2H_2Br_2$ donne presque uniquement naissance à l'éther bromacétique, tandis que si l'air agit sur le même corps en solution dans la benzine, il le transforme presque uniquement aussi en polymère solide.

Ainsi donc, ces trois facteurs dont nous parlions plus haut, l'oxygène, l'eau et la température jouent chacun un rôle incontestable dans la formation du polymère et de l'oxyde.

L'oxygène est indispensable pour la production de l'un et de l'autre corps, alors même que le premier en est dépourvu.

L'eau paraît favoriser la production du polymère; toutefois sa présence n'est pas indispensable, et il se forme avec de l'air très-sec (c'est surtout vrai pour $C_2H_2Cl_2$ et C_2H_2ClBr).

La température joue un rôle considérable dans cette double réaction. Nous avons vu que vers 15°, et même

en l'absence de l'eau, l'oxygène transforme encore une portion de $C_2H_2Br_2$ en polymère. A chaud (50°), ce dernier produit ne se forme plus, mais seulement s'oxyde.

Pour les composés $C_2H_2Cl_2$ et C_2H_2BrCl, ceci n'est plus vrai aux mêmes températures. A 15° C. ces deux corps avec l'oxygène sec en excès donnent surtout leurs polymères respectifs; ce n'est qu'à une température voisine de leurs points d'ébullition que l'oxydation s'opère.

II

Théorie de l'oxydation et de la polymérisation des dérivés chlorés et bromés substitués de l'éthylène.

En résumé, les faits sont ceux-ci : A des températures différentes, en présence ou en l'absence de l'eau, l'oxygène transforme les composés ci-dessus en bromures ou chlorures d'acides et en combinaisons polymériques.

Cette double manifestation de l'action de l'oxygène a a donc lieu simultanément, et la théorie qui rendra compte de l'oxydation devra pareillement expliquer la polymérisation, puisque ces deux effets ont une cause commune : l'oxygène.

Établissons tout d'abord que cet oxygène n'exerce pas sur l'éthylène dibromé une *action de présence* pour opérer sa polymérisation ; et pareillement admettons comme impossible que le produit d'oxydation puisse subir une réduction et donner un polymère de $C_2H_2Br_2$ par l'oxygène. Dès lors il ne reste plus qu'une hypothèse à formuler. C'est que l'oxygène agit sur l'éthylène dibromé pour le détruire et pour donner naissance à un produit

intermédiaire excessivement instable. Ce dernier, à froid se polymérisera, et à chaud s'oxydera.

Il faut se reporter à ce qui se passe dans une série voisine, pour un corps qui n'est stable qu'en l'*absence* de l'air, pour l'*acétylène bromé*. On sait que ce corps gazeux mis en présence de l'oxygène [1] subit une profonde destruction : la molécule se sépare assez nettement en charbon floconneux et acide bromhydrique.

$$\begin{array}{c} CH \\ ||| \\ CBr \end{array} = C_2 + HBr$$

M. Reboul qui a observé ces faits en donne l'interprétation suivante :

« A la double affinité de l'oxygène pour le carbone et « l'hydrogène, il vient s'en joindre une troisième, celle « du brome pour l'hydrogène. Ces trois puissantes affi- « nités concourent à la destruction du corps gazeux [2]. »

Il me semble que si le raisonnement est juste pour C_2HBr, il doit l'être pareillement pour $C_2H_2Br_2$.

Nous donnons à ce corps la constitution :

$$\begin{array}{c} CHBr \\ || \\ CHBr \end{array}$$

Il n'est pas difficile de voir que les atomes d'hydrogène et les atomes de brome sont très-voisins les uns des autres, puis qu'en outre cette molécule n'est pas saturée. Si, à ces causes d'instabilité nous venons encore en ajouter une nouvelle, à savoir l'affinité de l'oxygène pour le carbone et l'hydrogène, la destruction du corps s'accom-

[1] J'ai également observé que l'air peut aussi parfois, comme l'oxygène pur, opérer cette destruction radicale.

[2] Reboul, *Comptes rendus*, t. LIV, 1225.

plit. De toutes les affinités en présence la plus puissante est celle du brome pour l'hydrogène; dès lors, le premier effet de l'action de l'oxygène sera la formation de l'acide bromhydrique. On peut se demander toutefois pourquoi tout le brome et tout l'hydrogène n'entrent pas en réaction et pourquoi il ne se sépare pas du charbon comme dans l'oxydation de l'acétylène bromé ?

La réponse à cette question me semble facile:

On sait que lorsqu'une action chimique peut se répéter plusieurs fois sur une même molécule, il est rare que le résultat ultime de cette action soit exclusivement atteint; tandis qu'il est au contraire bien plus fréquent de voir ladite action se produire graduellement, en donnant naissance à des produits de plus en plus transformés.

Dans la molécule de l'éthylène dibromé

$$\begin{array}{l} CHBr \\ \| \\ CHBr \end{array}$$

l'union du brome à l'hydrogène peut se faire deux fois en laissant comme résidu du charbon. Mais il nous faut d'abord supposer que cette union a lieu une fois :

$$\begin{array}{l} CHBr \\ \| \\ CHBr \end{array} = HBr + \begin{array}{l} CHBr \\ \| \\ C = \end{array}$$

Le corps qui résulte de cette première réaction peut sans doute encore fournir H Br et laisser du charbon au moins théoriquement, mais s'il ne le fait pas, c'est que sans doute il jouit de la double propriété de se saturer soit en se polymérisant, soit au moyen de l'oxygène, et dans les deux cas au moyen de l'acide bromhydrique. Si la température est basse, et que l'oxygène soit peu concentré, le corps transitoire C_2HBr deviendra

$$x\begin{pmatrix} CHBr \\ \| \\ C = \end{pmatrix} + (HBr) = n\,(C_2H_2Br)\ \textit{polymère.}$$

c'est-à-dire qu'il s'ajoutera à lui-même un certain nombre de fois tout en fixant de l'acide bromhydrique pour achever de se saturer, et ainsi le corps polymérique prendra naissance.

Si la température est élevée, et que l'oxygène soit pur, le même corps transitoire C_2HBr s'oxydera tout en fixant de l'acide bromhydrique :

$$\begin{matrix} CHBr \\ \| \\ C = \end{matrix} + HBr + O = \begin{matrix} CH_2Br \\ | \\ C = O \\ \diagdown Br \end{matrix}\ \textit{bromure de bromacétyle}$$

On comprend que la présence de l'eau nuise à l'oxydation ; d'abord elle peut momentanément abaisser la température du milieu où elle se trouve, puis elle absorbe certainement HBr au fur et à mesure de sa formation, ce qui donne à C_2HBr le temps de se polymériser.

On comprend aussi pourquoi il est si difficile d'observer seuls, soit le phénomène de polymérisation, soit le phénomène d'oxydation ; c'est que l'oxygène n'agit jamais sur l'éthylène dibromé à des températures extrêmes[1].

Dans l'oxydation du corps $\begin{matrix} CHCl \\ \| \\ CHBr \end{matrix}$

on a vu (mémoire précédent) qu'il prenait naissance un mélange de *bromure de chloracétyle* et de *chlorure de*

[1] Il est possible que dans cette réaction un peu d'acide hypobromeux prenne naissance; détruit par la température cet acide fournirait une source de brome, lequel en s'unissant à $C_2H_2Br_2$ formerait $C_2H_2Br_4$ dont la présence a été constamment observée.

bromacétyle ; ceci peut se comprendre si l'on considère que le corps

$$\begin{matrix} CHCl \\ \| \\ CHBr \end{matrix}$$

perd tantôt HBr tantôt HCl ; car alors il se forme simultanément ou successivement les deux composés instables

$$\begin{matrix} CHCl \\ \| \\ C = \end{matrix} \quad \text{et} \quad \begin{matrix} CHBr \\ \| \\ C = \end{matrix}$$

qui se complètent par HBr et HCl puis par O pour donner les oxydes correspondants. Quant à la polymérisation et à l'oxydation produites sur l'éthylène tribromé C_2HBr_3 elles s'expliquent d'après les mêmes principes.

$$\begin{matrix} CHBr \\ \| \\ CBr_2 \end{matrix}$$

possédant encore un groupe HBr, pourra le perdre par l'action destructive de l'oxygène avec formation du corps instable $\begin{matrix} CBr_2 \\ \| \\ C = \end{matrix}$; ce dernier s'additionnera à lui-même et à HBr pour donner le polymère, si la température est peu élevée; mais à chaud l'oxydation aura lieu avec formation du *bromure de dibromacétyle* :

$$x \begin{matrix} CBr_2 \\ \| \\ C = \end{matrix} + x\,HBr = n\,(C_2HBr_3) \text{ polymère.}$$

$$\begin{matrix} CBr_2 \\ \| \\ C = \end{matrix} + HBr + O = \begin{matrix} CHBr_2 \\ | \\ C = O \\ \diagdown Br \end{matrix} \quad \textit{bromure de dibromacétyle}$$

Il faut toutefois remarquer que pour le cas de C_2HBr_3 le polymère est cristallisé, fusible au-dessous de 100° et

résulte peut-être tout simplement de l'union de deux groupes $\begin{array}{l} C\,Br_2 \\ \| \\ C = \end{array}$ complétés par $2\,H\,Br$:

$$2\begin{array}{l} C\,Br_2 \\ \| \\ C = \end{array} + 2\ HBr = \begin{array}{l} CHBr_2 \\ | \\ C\,Br \\ \| \\ C\,Br \\ | \\ CHBr_2 \end{array} \quad \textit{Butylène hexabromé}$$

J'espère prochainement pouvoir élucider cette question.

Enfin, il est compréhensible que les termes C_2Cl_4 et C_2Br_4 ne possédant pas d'hydrogène soient, par l'action de l'oxygène, incapables de se polymériser ou de s'oxyder[1].

La théorie ci-dessus n'a pas la prétention d'être parfaite ; elle paraît toutefois être en harmonie avec les faits observés dans la série acétylénique, où nous voyons pareillement une molécule formée de charbon et des éléments de l'acide bromhydrique détruite par l'oxygène avec séparation de ces deux corps. Cette théorie ne rend pas compte de la constitution des polymères formés, mais bien de la manière dont ils se forment.

Enfin, pour expliquer le mécanisme même de l'oxydation elle évite la prétendue transposition moléculaire de l'atome d'hydrogène en admettant simplement l'addition de l'oxygène et de l'acide bromhydrique à un corps transitoire et incomplet.

[1] Le 1er terme C_2H_3Br peut dans de certaines circonstances se polymériser, mais plus lentement que les autres termes, en raison de ce qu'il ne possède qu'un groupe $H\,Br$ et beaucoup d'hydrogène.

L'AIMANTATION ET LA DÉSAIMANTATION

DES

ÉLECTRO-AIMANTS

Par M. le Professeur SCHNEEBELI

(Communiqué à la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel dans sa séance du 15 mars 1877[1].)

Entre le moment de l'établissement du courant et le moment où l'électro-aimant atteint son maximum, il s'écoule toujours un espace de temps plus ou moins long selon les dispositions du noyau et de la bobine; de même, après l'interruption du courant, le fer doux ne retourne pas immédiatement à l'état naturel, mais il exige toujours un certain temps pour reprendre cet état. Les premières recherches approfondies sur ce sujet datent de 1858 et ont été entreprises par M. Beetz[2]. Je me dispense d'énumérer ici les faits constatés par un assez grand nombre d'autres observateurs et de reproduire les différentes explications qui ont été émises sur ce sujet[3]. Je me borne à indiquer la méthode suivie par M. Beetz. Par une combinaison très-ingénieuse, il observe l'intensité du courant d'induction qui se produit par l'aimant,

[1] *Bull. Soc. Neuchateloise des Sc. nat.*, t. XI, 1er cahier.

[2] *Poggendorffs Ann.* t. CV, page 479.

[3] Wiedemann, *Galvanismus*, 2e éd., t. III, p. 158-186.

naissant dans un moment quelconque depuis l'établissement du courant, et celle du courant d'induction produit par la désaimantation du noyau ; ce moment est choisi arbitrairement après l'interruption du courant.

D'après les intensités des courants induits, M. Beetz trace alors les courbes pour l'aimantation et la désaimantation de quelques noyaux, en choisissant pour abscisse le temps écoulé depuis le moment d'établissement du courant ou son interruption, et, pour ordonnée, le moment magnétique des noyaux dans les différentes phases de leur aimantation et de leur désaimantation.

Les courbes obtenues par M. Beetz coïncident entièrement, en ce qui concerne la forme générale, avec celles que j'ai publiées dans un travail récent sur une question analogue[1].

J'ai dit dans cette communication que la méthode employée permet de trouver le temps qu'il faut pour que l'électro-aimant atteigne une force déterminée. Je sais bien que le temps trouvé par les expériences est le résultat d'un phénomène plus complexe. Pour écarter du moins un des facteurs qui pourraient exercer une influence sur le résultat, j'ai polarisé l'armature en la mettant entre les deux pôles d'un électro-aimant assez puissant ; mais polarisée ou non polarisée, le temps d'attraction ne varia pas sensiblement.

Cependant, des expériences récentes m'ont démontré que l'armature, quoiqu'elle ne touche jamais l'électro-aimant, exerce encore une influence très-remarquable sur les courants d'induction produits dans les bobines et en conséquence sur les noyaux de fer doux.

[1] *Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*, tome X.

Je cite une seule série d'observations faites sur un électro-aimant d'assez grandes dimensions, sur lequel on avait placé, à des distances différentes, une grosse armature de fer doux. Dans le tableau suivant sont indiquées les intensités du courant d'induction produit par l'interruption du courant primaire qui circule dans les bobines de l'électro-aimant. L'arrangement des appareils est indiqué dans la Pl. II, fig. 1.

Le contact *c* est lancé par un ressort contre le ressort *r*; le courant primaire est interrompu et le courant d'induction trouve un circuit fermé. Je me suis convaincu par des expériences répétées, en excluant simplement l'électro-aimant, que le courant de la pile n'exerce dans cet arrangement aucune influence directe sur le galvanomètre.

Distance de l'armature.	Intensité du courant d'induction.
0^{mm}	311,0
1,9	240,0
3,8	181,0
5,4	152,0
6,7	138,0
13,8	111,7
21,7	102,3
44,5	93,1
∞	91,4

Par la série d'expériences citée ci-dessus, on peut se persuader que l'armature exerce une influence très-puissante sur la production des courants d'induction. C'est pourquoi j'ai choisi, pour les expériences ultérieures, un électro-aimant très grand en forme de fer à cheval et une armature très petite.

L'électro-aimant employé avait les dimensions suivantes :

Longueur : 238 mm.
Diamètre : 40 mm.

L'armature avec laquelle ont été faites les expériences suivantes, consiste en un prisme de fer doux de :

Longueur : 130 mm.
Largeur : 5 mm.
Hauteur : 6 mm.

Le levier qui porte l'armature, et avec lui les ressorts antagonistes et les contacts, peuvent être appliqués sur tout électro-aimant voulu, tout le système étant mobile sur une plaque et sur des colonnes de laiton très solides.

Le fait qu'un électro-aimant exige toujours un certain temps pour arriver au maximum d'aimantation ou pour se désaimanter complètement après l'interruption du courant, peut trouver une explication dans les causes suivantes :

a) orientation des molécules ;
b) courants d'induction dans le fer ;
c) courant d'induction dans les bobines (extra-courants et courants d'induction produits par le noyau dans les bobines).

Dans le travail cité plus haut, M. Beetz croit pouvoir expliquer les retards de l'aimantation et de la désaimantation, en plus grande partie par les courants d'induction produits dans les bobines. Je suis arrivé au même résultat dans un travail publié il y a quelques années [1].

[1] *Bulletin de Neuchâtel*, tome X.

Voici les conclusions que j'ai émises alors :

1. Les dérivations sur les lignes télégraphiques ne diminuent pas seulement l'intensité du courant qui arrive à l'autre station, mais elles ralentissent les manipulations de l'appareil récepteur.

2. Ces retards sont produits par les extra-courants.

3. Les retards dans les appareils récepteurs, pendant le mauvais temps, sont dus à la diminution de résistance que l'extra-courant doit vaincre.

4. Les dérivations sont d'autant plus nuisibles pour la télégraphie, qu'elles offrent moins de résistance et qu'elles sont plus rapprochées de l'appareil récepteur.

5. L'extra-courant ne retarde pas seulement l'attraction de l'armature, mais il retarde de plus le moment où l'armature est relevée par le ressort.

Je me suis proposé maintenant le problème d'étudier séparément les différentes causes, et d'exprimer, si possible, en chiffres, l'influence qu'exerce chacune d'elles. J'ai abordé dans ce travail l'influence des courants d'induction dans les bobines et, grâce à un appareil commutateur construit par M. Hipp, je crois avoir réussi à répandre quelque lumière sur le rôle qu'ils jouent dans ce phénomène.

Ces recherches sur l'influence des extra-courants sur la durée d'aimantation et de désaimantation ont en outre été entreprises pour examiner la portée d'une amélioration appliquée par M. Brunn[1], et indépendamment de lui, par M. Hipp, aux contacts des horloges électriques. Tous deux se sont proposé de supprimer d'une manière simple les étincelles d'interruption qui oxydent peu à peu,

[1] Brunn, *Pogg. Ann.*, t. CLVII, p. 411.

même le platine, et occasionnent pour cela des irrégularités et même quelquefois un arrêt complet des horloges électriques. Tous deux ont résolu le problème de la même manière, à savoir : ils offrent à l'extra-courant qui se produit au moment de l'interruption du courant primitif, un circuit fermé ; l'étincelle d'interruption est de cette manière supprimée.

L'influence qualitative que cette méthode de la suppression de l'étincelle aura sur la durée de la désaimantation des électro-aimants, peut être facilement prévue en consultant les résultats que j'ai communiqués, il y a deux ans, à notre Société[1]. La désaimantation sera ralentie. En poursuivant ses recherches, M. Hipp a réussi bientôt, non-seulement à supprimer l'étincelle d'interruption, mais encore à annuler complétement l'extra-courant dans les bobines des électro-aimants en forme de fer à cheval, en appliquant son commutateur décrit plus loin.

Je me suis occupé en premier lieu de la désaimantation, parce qu'elle est plus propre à faire connaître le rôle des courants d'induction.

II

Le commutateur est indiqué théoriquement dans la Pl. II, fig. 2. Il se compose de cinq ressorts et de deux vis, tous munis de contacts en platine et disposés comme on peut le voir dans la fig. 3. Entre les ressorts se trouve un axe *a* traversé de deux tiges en platine, qui pèsent toujours sur les ressorts 6 et 7, et lorsque l'axe tourne

[1] *Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*, tome X, 1er cahier.

un peu, elles touchent encore 6 et 7 et interrompent *en même temps* les communications 1 à 2 et 3 à 4. Supposons d'abord que les deux tiges reposent sur les ressorts 6 et 7, nous avons alors les communications suivantes : 1 à 2, 3 à 4 et 5 à 6. Lorsque l'axe est tourné d'une petite quantité, les deux tiges s'appuient contre 2 et 3 et alors nous avons les communications 2 à 6 et 3 à 7 et toutes les autres n'existent plus. Cet appareil permet une foule de combinaisons différentes dont je n'ai choisi que deux pour le but que je poursuis.

Le temps que l'appareil met pour passer d'un système de contacts à l'autre, peut être diminué et porté à un minimum par des vis qui pèsent sur les ressorts, et en outre la petite rotation de l'axe qui amène ce changement se fait par un ressort qui est lâché contre un levier fixé sur l'axe.

Le temps indiqué dans les tableaux qui vont suivre est la différence entre un temps constant et le temps à mesurer. J'ai choisi comme temps constant la durée de la chute d'une boule de la hauteur d'environ 32 cm. On a adopté cette méthode en vue des temps parfois très petits qui, par conséquent, ne sont pas exactement indiqués par le chronoscope.

L'arrangement est très simple. Tout le monde connaît et sait manier l'appareil de Hipp pour la chute des corps. La fourchette, qui porte la boule, s'ouvre par l'action d'un ressort aussitôt qu'on décroche et en même temps une tige d'acier est lancée rapidement en arrière et amène avec elle le levier fixé sur l'axe du commutateur. Le chronoscope indique alors le temps depuis le moment où l'armature de l'électro-aimant commence à faire un mouvement, jusqu'à ce que la boule arrive sur la plan-

chette au bas de l'appareil de chute. On place alors les fils qui vont aux contacts du levier de l'électro-aimant dans les deux bornes 1 et 2 ou 3 et 4 et on mesure le temps qui s'écoule entre le moment où le courant de l'électro-aimant est établi ou interrompu, jusqu'à ce que la boule ait atteint la planchette en bas.

La différence entre ces deux temps donne alors le temps qui s'est écoulé entre le moment de l'établissement ou de l'interruption du courant et le moment où l'armature commence à faire un mouvement ; ces différences sont indiquées chaque fois dans les résumés.

III

J'ai arrangé d'abord les communications de manière à offrir aux courants d'induction, après l'interruption du courant dans les bobines, un circuit fermé et en outre à leur donner dans les deux bobines la même direction ; en d'autres termes, j'ai intercalé les deux bobines, en ce qui concerne le courant d'induction, l'une derrière l'autre. L'arrangement est indiqué dans la fig. 4. Au commencement, 3 et 4 sont en communication et après l'interruption 2 et 6. On peut se persuader facilement que les courants d'induction produits dans les deux bobines marchent dans la même direction dans le galvanomètre. J'ai mesuré ensuite le temps t que les noyaux mettent pour se désaimanter à un degré voulu et déterminé par le procédé décrit dans le *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel*, tome X, 1876.

Dans le tableau qui suit, les colonnes marquées **c** donnent les temps observés pour les différents degrés de désaimantation.

IV

On a changé ensuite les communications comme c'est indiqué dans la fig. 5. Au commencement 3 et 4, 1 et 2, 5 et 6 sont en communication; après l'interruption 2 et 6 et en outre 3 et 7 sont en communication. En poursuivant la marche des courants d'induction après l'interruption, on voit que ceux-ci trouvent un circuit fermé; mais maintenant les courants d'induction produits dans l'une et l'autre des deux bobines marchent en sens contraire et comme ils auront dans chaque moment la même intensité, tout en étant symétriques, ils se détruiront complétement. Dans ce cas, nous n'aurons donc aucun courant d'induction dans les bobines, ce qui du reste est constaté par le galvanomètre à miroir qu'on y a intercalé. Le tableau **b** donne les temps observés dans ce cas pour les différents degrés de désaimantation.

V

Le troisième tableau désigné par **a** donne les temps de désaimantation, lorsqu'on interrompt le courant tout simplement de la manière ordinaire.

DURÉE DE LA DÉSAIMANTATION

Maximum de magnétisme : 110.

a

Courants d'induction de même sens.

Tension :	30	50	70	90	100
	39	127	163	220	236
	40	125	169	217	237
	41	122	176	211	233
	42	128	168	221	236
	38	124	177	213	236
	39	125	176	216	231
	40	124	170	224	235
	45	121	169	224	231
	42	129	175	211	233
	37	125	174	217	235
	38	132	177	222	235
	38			216	233
				216	233
				215	235
					234
Moyennes :	40	125,7	172,1	218,9	234,3

b

Courants d'induction en sens contraire.

Tension :	5	10	20	40	70	90	100
	169	215	235	240	248	250	245
	165	222	234	241	248	244	250
	166	211	238	244	245	246	253
	167	217	237	247	244	248	248
	167	217	236	243	249	248	249
	165	212	234	247	243	246	250
	167	212	233	241	246	248	249
	169	221	232	240	248	247	247
	164	221	232	238	246	248	252
	169	216	230		246	248	
					247		
Moyennes :	166,8	216,4	234,2	242,3	246,3	247,7	248,9

a

Interruption ordinaire.

Tension :	5	10	20	60	70	100
	159	225	235	251	248	247
	167	207	237	246	246	252
	169	222	231	249	248	251
	160	219	233	249	251	248
	157	208	235	248	251	248
	155	211	236	249	248	250
	156	218	236	248	251	249
	161	230	234	248	250	251
	162	208	235	248	249	248
	151		234	249	249	251
	169			250	248	250
	159			248		252
	156					249
	155					251
	162					249
						251
Moyennes :	159	215	234,3	248,6	248,7	249,8

Durée de la chute : 254,7

RÉSUMÉ

Tension.	Interruption ordinaire.	Courants d'induct. en sens contraire.	Courants d'induction de même sens.
5	95,7	97,5	—
10	39,7	37,9	—
20	20,4	20,1	—
30	—	—	214,7
40	—	12,0	—
50	—	—	129,0
60	6,1	—	—
70	6,0	8,0	82,6
90	—	6,6	40,8
100	4,9	5,8	20,4

Pour se rendre compte d'une manière plus prompte de la désaimantation dans ces différents cas, on a représenté graphiquement dans la Planche II, fig. 1, la force de l'aimant après l'interruption du courant, en choisissant le temps comme abscisse et la puissance de l'aimant comme ordonnée. Le maximum de force de l'électro-aimant était de 110. La courbe *a* donne la déperdition du magnétisme pour l'interruption ordinaire; *b* l'intensité, lorsque les courants d'induction sont envoyés en sens contraire, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas de courant d'induction dans les bobines; *c* pour l'interruption, lorsque les courants d'induction marchent dans la même direction.

Nous remarquons que le magnétisme disparaît beaucoup plus lentement, lorsque les courants d'induction dans les bobines marchent dans la même direction que lorsque ces courants n'existent pas. Les courants d'induction sont donc la cause principale des retards qu'on observe pour la désaimantation et par conséquent aussi pour l'aimantation (les courants d'induction trouvent toujours pour l'aimantation un circuit fermé et marchent l'un derrière l'autre).

VI

Pour être complet, j'ai déterminé pour le même électro-aimant la courbe d'aimantation. Dans le tableau suivant sont indiquées les forces de l'électro-aimant après des temps mesurés depuis l'établissement du courant, et dans la Pl. II, fig. 2, la courbe pointillée indique graphiquement l'accroissement du magnétisme dans les noyaux lorsqu'on a établi le courant :

DURÉE DE L'AIMANTATION

Maximum de magnétisme : 148.

Tension :	5	10	20	30	40	50
	243	246	241	232	228	225
	245	239	240	234	229	222
	242	244	242	236	232	225
	244	241	237	228	228	225
	242	244	235	234	229	222
	247	245	237	232	233	224
	244	242	240	234	227	220
	246	246	236	233	230	225
	246	242	238	232	224	223
	250	241	238	233	230	220
	242	240	237	231	225	
	246			231	229	
	242			235	229	
	245				228	
	247					
	244					
	248					
Moyennes :	245,0	242,9	238,2	233,5	228,6	223,1

Tension :	60	70	80	90	100	110	120	Durée de la chute
	217	213	204	195	180	162	141	252
	215	214	208	194	181	163	143	250
	218	211	206	192	177	161	140	252
	219	211	207	199	181	167	138	251
	218	208	206	194	182	168	134	250
	216	211	204	196	179	163	141	254
	216	212	199	196	178	157	138	253
	217	213	202	196	175	158	135	251
	218	209	201	194	179	165	138	252
	217	214	203	190	179	162	144	255
		213	201	194	176	167	139	254
		214	202	194	183	160		255
		210	205	195	177	161		253
		211	204	192	179	161		254
		213	201		184			
		214			182			
		210			182			
					175			
					179			
Moyennes :	217,3	211,8	204,2	194,3	179,4	162,5	139,1	252,6

RÉSUMÉ

Ainsi, pour obtenir la force magnétique	5,	il faut un temps,	7,6
»	10	»	9,7
»	20	»	14,4
»	30	»	19,1
»	40	»	24,0
»	50	»	29,5
»	60	»	35,3
»	70	»	40,8
»	80	»	48,4
»	90	»	58,3
»	100	»	73,2
»	110	»	90,1
»	120	»	113,5

VII

Nous avons vu que la cause principale des retards de l'aimantation et de la désaimantation doit être attribuée aux courants d'induction dans les bobines. Les extra-courants dans les bobines, produits par l'action de la bobine sur elle-même sans l'électro-aimant, ont une durée tellement courte que nous pouvons les négliger et étudier seulement les courants d'induction produits par l'aimant naissant ou disparaissant dans les bobines.

Soient y le magnétisme du noyau dans chaque moment et

i l'intensité du courant qu'on envoie à travers les fils. Dans chaque intervalle dt, y augmente de dy et produira dans les bobines un courant d'induction contraire au courant primaire

$$-\alpha \frac{dy}{dt}$$

où α représente une constante.

L'intensité du courant qui aimante est donc seulement

$$i - \alpha \frac{dy}{dt}$$

et par conséquent le magnétisme produit

$$y = \mu \left(i - \alpha \frac{dy}{dt} \right)$$

μ étant une constante. Il s'ensuit

$$dt = \frac{\alpha \mu \, dy}{\mu i - y}$$

$$t = \alpha \mu \int_0^t \frac{dy}{\mu i - y}$$

$$= - \alpha \mu \log \frac{\mu i - y}{\mu i} \qquad \text{(I)}$$

μi indique dans cette équation le maximum de magnétisme que les noyaux peuvent acquérir.

Pour la désaimantation, un raisonnement analogue donne

$$t = - \alpha \mu \int_0^t \frac{dy}{y}$$

d'où

$$t = - \alpha \mu \log \frac{y}{\mu i} \qquad \text{(II)}$$

Lorsque nous connaissons le maximum μi du magnétisme et le temps qu'il faut pour aimanter les noyaux à un degré quelconque, on peut déterminer, pour chaque force de l'électro-aimant, le temps nécessaire pour l'atteindre, car nous avons

$$t : t' = lg \frac{\mu i - y'}{\mu i} : lg \frac{\mu i - y'}{\mu i}$$

et de même pour la désaimantation

$$t : t' = lg \frac{y}{\mu i} : lg \frac{y'}{\mu i}$$

Les valeurs les plus exactes pour t sont celles qui ne sont pas à la fin ni au commencement; pour le commencement, la tension est très petite; en conséquence une petite friction de l'armature ou du fléau de la balance aura une influence assez grande, et vers la fin, les mêmes causes entraîneront des variations considérables pour le temps, vu l'augmentation rapide du temps lorsque la tension augmente. Nous voulons donc choisir comme point de départ le temps qu'il faut pour aimanter les noyaux jusqu'à la force 100, soit 73,2 millièmes de seconde et calculer ensuite d'après la formule le temps qu'il faut pour que les noyaux s'aimantent à un degré quelconque.

On obtient de cette manière le tableau suivant :

Puissance de l'électro-aimant.	Temps pour atteindre les différents degrés d'aimantation.	
	Temps calculé.	Temps observé.
5	2,2	7,6
10	4,5	9,7
20	9,5	14,4
30	14,7	19,1
40	20,5	24,0
50	26,9	29,5
60	33,9	35,3
70	41,7	40,8
80	50,6	48,4
90	61,0	58,3
100	73,2	73,2
110	88,5	90,1
120	108,5	113,5

Dans la Pl. II, fig. 2, on a représenté graphiquement la courbe théorique; elle est indiquée par une ligne continue. La courbe trouvée par l'expérience s'en rappro-

che beaucoup; il n'y a de différences notables qu'au commencement.

De même que pour l'aimantation, nous pouvons calculer, d'après la formule II, la courbe de désaimantation, lorsque nous en connaissons un point. Il va sans dire que cela se peut seulement pour la courbe *c*; car c'est seulement dans ce cas que les courants d'induction ont une influence prédominante. On a choisi comme point de départ le temps qu'il faut pour désaimanter les noyaux jusqu'à la force 70, temps égal à 82,6 millièmes de seconde. De cette manière, on obtient le tableau suivant :

Puissance de l'électro-aimant.	Temps pour la désaimantation.	
	Temps calculé.	Temps observé.
30	234,6	214,7
50	142,2	129,0
70	82,6	82,6
90	36,2	40,8
100	17,2	20,4

La courbe théorique ne coïncide pas mal avec la courbe trouvée par l'expérience, comme on peut s'en assurer dans la fig. 1.

Il est probable que la coïncidence entre les courbes trouvées théoriquement et celles trouvées par l'expérience, aurait été plus grande encore si l'on avait pu fermer directement les deux extrémités des fils des bobines; pour l'aimantation, les courants d'induction doivent parcourir, outre les bobines, la pile, et pour la désaimantation les tours du galvanomètre, qui avaient du reste une résistance très-faible.

En outre, notre formule a été déduite en ne considé-

rant que la cause principale des retards. Comme il résulte des deux courbes *a* et *b*, il est évident qu'il y a encore d'autres causes de retard, mais qui, comme nous le voyons, ne sont pas très importantes. Nous pourrons maintenant éliminer facilement les autres causes en prenant la différence entre les retards trouvés dans les tableaux **c** et **b**. Ces retards sont dus alors aux courants d'induction et ces valeurs peuvent être calculées théoriquement aussitôt qu'on en connaît une seule. Choisissons comme point de départ la force 70, savoir le retard 76,6 ; on obtient alors le tableau suivant :

Tension.	Temps pour la désaimantation.	
	Temps calculé.	Temps trouvé.
30	220.6	201,4
50	133,7	121,7
70	76,6	76,6
90	34,3	35,3
100	16,2	15,5

Les séries coïncident d'une manière assez satisfaisante. Malheureusement on ne peut pas séparer pour l'aimantation les causes des retards comme nous venons de le faire pour la désaimantation.

Mais ce qui est le plus intéressant dans les faits que je viens d'énoncer, c'est que pour l'interruption ordinaire, ainsi que pour l'interruption avec courants d'induction en sens contraire, on trouve à peu près les mêmes courbes de désaimantation, tandis qu'on devrait s'attendre à ce que, pour le second cas, la désaimantation se fasse plus vite.

Toutefois, nous pouvons dire :

On peut, dans les appareils électro-magnétiques, supprimer les étincelles sans aucun désavantage, en offrant à l'extra-courant un circuit fermé, mais arrangé de manière que les courants d'induction, produits dans les deux bobines des électro-aimants, se rencontrent en sens contraire.

VIII

En étudiant la courbe d'aimantation, on se pose tout naturellement cette question : Pendant combien de temps faut-il établir le courant pour arriver au maximum de l'*effet utile* d'un électro-aimant? J'appelle *effet utile* le quotient $\frac{y}{t}$; cette quantité joue un rôle prédominant dans les moteurs électriques et dans les appareils télégraphiques électro-magnétiques.

De la courbe d'aimantation citée plus haut, on arrive au tableau suivant pour l'effet utile de l'électro-aimant :

y	$\frac{y}{t}$
5	0,66
10	1,03
20	1,39
30	1,58
40	1,67
50	1,70
60	1,70
70	1,71
80	1,65
90	1,54
100	1,37
110	1,22
120	1,06

Il en résulte que le maximum d'effet utile se trouve à 70 environ, c'est-à-dire à peu près à la moitié du maximum que notre électro-aimant peut atteindre dans les conditions données. La courbe théorique (ne considérant que les courants d'induction) ne donnerait pas de maximum, car

$$\frac{y}{t} = \frac{y}{\alpha\mu \log \frac{\mu i - y}{y}}$$

n'a pas de maximum. L'effet utile diminuerait pour elle depuis une valeur finie pour $y = 0$, jusqu'à 0 pour $y = 148$.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

E. Edlund. Recherches sur l'induction unipolaire, l'électricité atmosphérique et l'aurore boréale. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Stockholm*, t. XVI, nº 1.)

M. Edlund a publié, il y a six ans, dans les *Archives*[1], un travail très remarquable sur une nouvelle théorie de l'électricité. Suivant cette théorie, très simple du reste, les phénomènes électriques, comme les phénomènes calorifiques et lumineux, résultent d'un mouvement spécial de l'éther. M. Edlund admet qu'un corps chargé d'électricité positive est un corps qui présente un excès d'éther, un corps négatif présentant au contraire un déficit d'éther; ces deux corps étant reliés par un conducteur, un courant électrique résulte du passage de l'éther du premier corps sur le second, en même temps qu'une action se transmet en sens inverse du second corps sur le premier, d'une manière analogue à ce qui se produit entre un corps chaud et un corps froid qui, par conduction ou par radiation calorifique, réagissent à distance l'un sur l'autre[2]. « Le courant galvanique, dit M. Edlund[3], « consiste en ceci, que l'éther électrique se transporte d'un point à un autre dans le circuit du courant et que l'intensité du courant est déterminée par le produit de la densité de l'éther en mouvement et de sa vitesse, ou, en d'autres termes, qu'elle est proportionnelle à la quantité d'éther qui a passé dans le circuit dans l'unité de temps... Les forces électromotrices, d'où le courant tire son origine,

[1] *Archives*, 1872, tome XLIII, p. 209 et 297.

[2] La notion des ces deux courants inverses ne nous paraît pas toutefois très claire dans l'exposé de M. Edlund; ainsi il parle encore de deux fluides électriques, tandis que précisément un des avantages de sa théorie devrait être de supprimer cette notion un peu confuse des deux fluides, pour la remplacer par celle d'un seul fluide, l'éther. De même, il ne peut pas y avoir de l'éther électrique et de l'éther non électrique.

[3] *Loc. cit.*, p. 219.

ne peuvent pas créer de l'éther : leur action se restreint à transformer en un mouvement translatoire le mouvement oscillatoire qui existe déjà sous forme de chaleur. »

Telle est en substance, on s'en souvient, la théorie de M. Edlund. Il s'est efforcé de la mettre en accord avec les principaux phénomènes électriques et d'en trouver la confirmation dans le fait qu'elle fournit de ces phénomènes une explication simple et satisfaisante. Depuis la publication de son exposé général, il a entrepris l'étude de certains faits particuliers qui lui ont fourni une nouvelle justification de ses idées. C'est ainsi qu'en conformité avec sa théorie, il a reconnu que la résistance galvanique dépend du mouvement du conducteur[1].

Dans le travail qui nous occupe ici, M. Edlund a étendu sa théorie à l'interprétation du phénomène de l'*induction unipolaire*. Lorsqu'un conducteur cylindrique tourne autour d'un aimant, en ayant comme axe de rotation l'axe de l'aimant, on obtient un courant électrique en reliant par un circuit deux points du conducteur, dont l'un est situé près d'un des pôles de l'aimant, l'autre au milieu de l'intervalle des deux pôles. C'est ce phénomène qu'on a appelé l'induction unipolaire. Peu importe que l'aimant lui-même soit ou non immobile. On peut même supprimer le manchon, en faisant tourner l'aimant, et le courant se produit alors dans le circuit mis immédiatement au contact de deux points de l'aimant choisis comme il a été dit, la couche périphérique de l'aimant tournant remplaçant dans ce cas le manchon métallique.

M. Edlund explique très-facilement ce phénomène dans sa théorie, en le rapprochant d'un autre fait expérimental, à savoir qu'un anneau de métal entourant un aimant et traversé par un courant galvanique, se transporte, s'il est mobile, le long de cet aimant. Il tend vers le milieu de l'aimant où il prend une position d'équilibre stable, si le courant qui le traverse est de même sens que les courants moléculaires de l'aimant; il est repoussé au contraire jusqu'au delà des pôles de l'aimant, si le courant est de sens

[1] *Archives*, 1876, tome LV, p. 97.

opposé. Ce fait s'applique directement à l'expérience précitée de l'induction unipolaire: en effet, lorsqu'on fait tourner le conducteur cylindrique autour de l'aimant, les molécules d'éther se mettent en rotation dans la même direction, elles forment donc autour de l'aimant, suivant l'idée de M. Edlund, des courants circulaires horizontaux, dont l'intensité est proportionnelle à la vitesse de rotation. Dès lors, en vertu de ce qui vient d'être dit, l'aimant agissant sur ces courants annulaires les repoussera vers son milieu ou vers ses pôles, suivant le sens de la rotation; il en résultera pour le manchon un excédant d'éther (électr. positive), à ses deux extrémités et un déficit d'éther (électr. négative) en son milieu ou vice versâ. De là, la naissance d'un courant dans le circuit qui, dans l'expérience de l'induction unipolaire, relie les extrémités du manchon à son milieu.

La direction de ce courant et l'accroissement de son intensité avec celui de la vitesse de rotation sont absolument conformes à ce qu'indique la théorie de M. Edlund. L'auteur confirme ensuite cet accord entre sa théorie et les faits, en passant en revue les différents cas d'induction unipolaire connus et montrant que pour chaque cas, elle fournit des résultats conformes à l'expérience; il arrive enfin à la conclusion que l'induction unipolaire ne doit pas être considérée comme une véritable induction, mais comme un phénomène électrodynamique ordinaire dû à ce que l'aimant agit sur les courants électriques formés autour de lui par la rotation du conducteur.

« Le principe, » dit M. Edlund, « sur lequel repose la théorie, savoir que l'aimant agit de la même façon que sur les courants ordinaires, sur les courants électriques dus à la rotation du conducteur par rapport à l'aimant, ce principe ne peut, autant que je le puissse voir, donner lieu à aucun doute. La seule objection qu'il fût possible d'y faire, ce serait que la vitesse que l'on est à même de donner au conducteur étant relativement minime, ces courants deviennent si faibles que l'action de l'aimant sur eux est en réalité inappréciable. Mais on peut répondre à cette remarque que la vitesse des molécules électriques dans un courant galvanique ordinaire n'a jamais été mesurée. Plusieurs physiciens ont admis sur de bonnes rai-

sons que cette vitesse n'est pas très grande en réalité. Il n'est donc pas improbable que la vitesse qu'il est possible de donner mécaniquement à un conducteur soit comparable à celle des molécules électriques dans un courant galvanique d'intensité moyenne. Il faut soigneusement distinguer ici entre la vitesse avec laquelle le mouvement électrique se propage d'un lieu à un autre, et celle avec laquelle les molécules elles-mêmes se meuvent. Ces deux vitesses ne sont en aucune relation l'une avec l'autre. Aussi, comme l'expérience le montre, la première vitesse peut être extrêmement grande, quoique la dernière soit insignifiante[1]. »

« Nous croyons donc, » ajoute l'auteur, « pouvoir affirmer que cette théorie fournit la seule explication admissible et correcte des phénomènes d'induction unipolaire, qui, comme on le verra, jouent un rôle des plus importants dans la nature. »

M. Edlund montre en effet qu'en gros, notre globe présente la même disposition que l'expérience ci-dessus décrite de l'induction unipolaire, savoir un aimant autour duquel tourne un conducteur de l'électricité, l'atmosphère plus ou moins raréfiée. Partant de cette conception, l'auteur établit par le calcul la valeur de l'action que l'aimant terrestre exerce sur un élément de courant ainsi produit par la rotation de l'atmosphère autour de lui, et pour plus de simplicité, il considère ses deux composantes, savoir : celle qui est dirigée suivant le rayon terrestre du point, et celle qui agit suivant la perpendiculaire à ce rayon ; il démontre par là que les courants annulaires[2] supposés se produire ainsi dans l'atmosphère terrestre ou à la surface de la terre, tendent dans l'hémisphère nord à se rapprocher du pôle nord, et dans l'hémisphère sud à se transporter vers le pôle sud. En

[1] Edlund, Théorie des phénomènes électriques, p. 10.

[2] Nous supprimons ici l'expression molécules électriques, qui ne nous paraît pas claire et peu conforme même à l'idée fondamentale de la théorie de M. Edlund, ce terme devant désigner simplement des molécules d'éther en mouvement de translation, et nous ne considérons pour plus de simplicité que le courant positif, écoulement d'éther en excès.

même temps, la composante verticale agit dans les deux hémisphères, pour éloigner toujours davantage les mêmes courants du centre de la terre pendant leur marche vers les pôles. L'éther ou l'électricité positive s'accumule donc de la sorte dans les régions supérieures de l'atmosphère terrestre, et se porte vers les pôles, tandis que la terre elle-même subit un déficit d'éther, c'est-à-dire se charge d'électricité négative.

L'action répulsive de l'aimant terrestre sur ces éléments de courant ou sur cet éther en excès dans l'atmosphère, atteint sa plus grande intensité à l'équateur, elle est nulle aux pôles. Dans les régions équatoriales ou dans les basses latitudes, les décharges électriques entre l'atmosphère et la terre, rencontrant une grande résistance de la part de l'aimant terrestre, ne peuvent se produire que sous forme d'orages. A mesure qu'on s'éloigne des régions équatoriales, la résistance verticale provenant de l'aimant terrestre, diminue, et les orages violents deviennent plus rares. « Enfin, à une latitude encore plus haute, la résistance est si minime, que les décharges se transforment en courants lents et continus, donnant naissance au phénomène que l'on appelle l'aurore boréale. » Il doit y avoir une zone tout autour du pôle dans laquelle ces décharges lentes vers la terre, atteignent leur plus grande intensité; pour des latitudes plus basses, la résistance opposée par l'aimant terrestre à la recombinaison des deux électricités est encore trop forte; plus près du pôle, au contraire, la quantité d'électricité accumulée dans les régions supérieures est trop petite, par suite de l'action très faible de l'aimant terrestre sur les courants annulaires dans ces régions. Ce maximum de densité électrique forme une ceinture enfermant tant le pôle magnétique que le pôle astronomique. En effet, M. Loomis a montré que la plupart des aurores boréales apparaissent dans l'Amérique du Nord entre les 50me et 62me degrés de latitude; leur fréquence étant moindre à des latitudes plus élevées ou plus basses. On sait en outre d'après divers observateurs et en particulier d'après M. Wijkander, que l'électricité atmosphérique est très-faible dans les régions polaires et cela confor-

mément à la théorie de M. Edlund, en vertu de laquelle la force tendant à repousser l'éther (fluide électropositif) de la terre à l'air est très faible dans ces régions.

M. Edlund ne prétend point, du reste, fournir une théorie complète des aurores polaires, son but ayant été simplement de montrer que leur cause principale, ainsi que celle de la production de l'électricité atmosphérique sous ses diverses formes, est l'induction unipolaire produite par la rotation de notre atmosphère autour de l'aimant terrestre.

E. S.

CHIMIE

SCHLÖSING et MÜNTZ. NITRIFICATION. (*Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 301, t. LXXXV, 1018.) — R. WARRINGTON. Même sujet. (*Journ. of the chem. Soc.* 181, 44.)

En 1862 déjà Pasteur émettait l'idée que la nitrification était probablement due à un ferment; au commencement de l'année dernière Schlösing et Müntz ont prouvé la vérité de cette théorie par différentes expériences. On savait déjà que l'ammoniaque peut être transformée en acide nitrique, par des décharges électriques en présence d'oxygène, ou par l'action de l'ozone (Carius), mais pas par l'oxygène seul; que l'oxyde de fer par un contact prolongé en présence d'oxygène agissait de même (Pesci, Thenard, Knop) et qu'un mélange d'azote et d'oxygène soumis à des décharges électriques répétées pouvait aussi fournir de l'acide azoteux et de l'acide azotique; mais on ne savait pas du tout comment l'azote des substances organiques pouvait s'oxyder. Cette grande découverte est due à Schlösing et Müntz. Ils reconnurent d'abord qu'un terrain nitrifiant perdait cette propriété lorsqu'on l'imprégnait de vapeurs de chloroforme et pouvait la reprendre si après avoir chassé le chloroforme on ensemençait le terrain avec de l'eau qui avait lavé 10 gr. de terrain non traité

par le chloroforme, nitrifiant par conséquent ; si le terrain n'était pas ensemencé, il ne reprenait pas de lui-même ses propriétés nitrifiantes, d'où ils conclurent que l'action était due à un organisme vivant. Dans un second mémoire ils prouvèrent qu'en chauffant une terre nitrifiante à 100° elle perdait aussi ses propriétés, mais qu'elle les reprenait si on ensemençait avec de l'eau ayant lavé seulement 1 gr. de la terre primitive. Ils montrèrent aussi que la porosité de la terre n'entre pour rien dans cette action, car la nitrification se faisait aussi bien dans un tube rempli de cailloux roulés. Il faut ajouter cependant que la nitrification ne se fait pas toujours lorsqu'on se sert d'eaux d'égouts, parce que ces eaux renferment beaucoup d'organismes vivants divers et que, dans la lutte pour la vie, il arrive quelquefois que les ferments auxquels est due la nitrification succombent ; mais si l'on a soin de clarifier les eaux avec de l'alun, de filtrer et d'ajouter un peu d'eau ayant lavé une terre nitrifiante, le résultat est constant. L'eau de mer n'empêche pas la nitrification, et d'après les mêmes auteurs cette action se passe aussi bien à la lumière que dans l'obscurité, mais ils n'ont pas réussi à voir le ferment au microscope.

Warrington a reconnu la justesse des observations de Schlösing et Müntz, il a de plus prouvé que le sulfure de carbone agit comme le chloroforme, que le phénol n'empêche que partiellement la nitrification par le fait qu'il est peu volatil et dans ses expériences n'imprégnait qu'une partie de la terre soumise à l'essai ; il semble donc bien prouvé que la chaleur 100° et les antiseptiques empêchent la nitrification. Warrington fit encore des recherches pour savoir si un sel ammoniacal pouvait fournir de l'acide nitrique sous l'influence de ces ferments ; il se servit à cet effet d'une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque $2^{cc} = 0,00005 NH_3$ additionnée d'un peu de phosphate de potasse qui devait servir de nourriture au ferment et d'un peu de carbonate de chaux, puis il ensemença quelques-uns de ses flacons. Au bout de 3 mois les flacons non ensemencés et ceux qui ense-

mencés avaient été tenus à la lumière ne renfermaient point de nitrate, par contre dans ces derniers il s'était produit une végétation. Mais les flacons ensemencés et tenus dans l'obscurité ne renfermaient pas d'ammoniaque, tout l'azote s'était transformé en acide nitrique, et cependant on n'avait point fait passer d'air dans les dissolutions. Il est donc bien probable que la nitrification est due à une oxydation causée par un mycoderme d'une manière analogue à la production d'acide acétique par le mycoderma aceti aux dépens de l'alcool.

Le seul point qui ne soit pas encore élucidé c'est l'influence de l'obscurité: Warrington n'ayant pas réussi à oxyder le chlorhydrate d'ammoniaque dans les flacons exposés à la lumière, tandis que Schlösing et Müntz ont nitrifié des eaux d'égouts soit à la lumière soit dans l'obscurité. Il est probable que la lumière doit plutôt être défavorable, car MM. Downer et Blunt ont montré dernièrement que la lumière nuit considérablement au développement des bactéries et peut même les détruire; elle agit probablement aussi sur certains mycodermes d'une manière fatale.

L'action de la lumière sur la nitrification paraît d'ailleurs déjà avoir été entrevue par Gmelin dans son livre de chimie.

E. A.

H. Bbunner et R. Brandenburg. — Formation de naphtaline et de violets méthylés. (*Berichte*, XI, p. 697. Lausanne.)

En traitant à 110°-120° pendant 8-9 heures des molécules égales de diméthylaniline et de brome, les auteurs obtiennent de la naphtaline suivant la réaction:

$$2\,C_6H_5Az\,(CH_3)_2 + B_4 = C_{10}H_8 + C_6H_5AzH_2 + AzH_3 + H_4B^r$$

l'aniline n'a pas été isolée, parce qu'elle forme dans cette réaction de la rosaniline avec un excès de brome.

Les auteurs ont également de la naphtaline en chauffant de la diméthylaniline monobromée avec de l'acide bromhydrique à 180°, et si l'on chauffe la diméthylaniline monobromée seule, il se forme deux matières colorantes, l'une bleu-violette, l'autre rouge. Cette transformation en dérivés de la rosaniline est presque quantitative.

Th. Dieul et V. Merz. Dérivés de l'α naphtoquinone. (*Berichte d. d. chem. Ges.* XI, p. 1064 et 1314. Zurich.)

La naphtoquinone bibromée a été obtenue en traitant l'α naphtol par un excès de brome en présence d'eau et d'iode; elle cristallise en fines aiguilles formant des croûtes, peu solubles dans l'alcool à froid, sublimables, fusibles vers 150°. Traitée par la soude, elle se dissout avec une couleur rouge et donne l'acide bromonaphtalique

$$C_{10}H_4 \begin{cases} Br \\ O_2 \\ OH \end{cases}$$

qu'on sépare par un acide; il cristallise de l'alcool en aiguilles ou en écailles d'un jaune d'or, très peu solubles dans l'eau, fusibles à 196°,5; il sublime en se détruisant partiellement. Le sel de potasse forme des aiguilles d'un rouge sombre, renfermant 4 Aq.; le sel de baryte est anhydre et est presque insoluble dans l'eau; le sel d'argent est floconneux à froid, cristallin à chaud, d'un rouge cerise. L'acide bromonaphtalique, évaporé avec de l'acide nitrique, donne de l'acide phtalique, d'où il suit que sa constitution est :

```
          H
          C        C
       //   \   /  |  \\
    HC       C     O    CBr
     |       ||    |    |
    HC       C     O    COH
       \\   /  \   |  //
          C        C
          H
```

En bromant l'acide naphtalique, on obtient le même acide bromé. Les auteurs n'ont pas réussi à enlever le second atome de brome et à le remplacer par un hydroxyle.

Ils donnent un nouveau moyen de préparer l'acide naphtalique, en ajoutant peu à peu le chlorhydrate de diimidonaphtol à une dissolution bouillante de carbonate de soude, le rendement est de 80 °/$_0$ de la quantité théorique.

En cherchant à oxyder le diamidonaphtol par l'acide chromique dans l'espérance d'obtenir aussi par ce moyen l'acide naphtalique, ils n'ont obtenu que le chromate du diimidonaphtol, petites aiguilles peu solubles dans l'eau.

L'acide nitronaphtalique s'obtient en traitant l'acide naphtalique dissous dans l'acide sulfurique concentré, par l'acide azotique; du chloroforme, il cristallise sous forme de feuilles d'un jaune clair, il fond vers 157° en se décomposant et donne des sels solubles colorés et facilement cristallisables. Le groupe NO_2 ne peut être remplacé par le groupe OH, mais il peut être réduit et donner l'amide formant des aiguilles d'un brun rouge; l'acide nitrique le transforme en acide phtalique; cet amide, par l'acide chlorhydrique à 170°, donne la dioxynaphtoquinone $C_{10}H_4O_2(OH)_2$, elle cristallise d'alcool en aiguilles d'un rouge brun, sublimables en se décomposant partiellement; ses sels sont fortement colorés et presque insolubles, sauf ceux des alcalis; elle teint la soie en brun-violet. Le dérivé diacétylé forme de petites écailles brunes. L'étain et l'acide chlorhydrique transforment la dioxynaphtoquinone en un corps incolore qui très probablement est de la tetroxynaphtaline. Oxydée, la dioxynaphtoquinone donne de l'acide phtalique, ce qui la différencie de son isomère, la naphtazarine.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1878.

Le 4, à $7^1/_2$ h. du soir, tonnerres au sud.
7, rosée le matin.
8, id.
11, rosée le matin; éclairs dans la soirée.
12, à midi $^3/_4$, éclairs et tonnerres au Sud, forte averse.
13, à 6 h. matin, halo solaire.
21, forte rosée le matin.
22, rosée le matin.
24, brouillard le matin à 6 h.; quelques personnes ont ressenti dans la ville une faible secousse de tremblement de terre à $9^1/_4$ h. du matin.
25, rosée le matin; assez forte bise tout le jour.
26, rosée le matin; éclairs à l'Est toute la soirée.
27, forte rosée le matin.
28, rosée le matin; éclairs et tonnerres un peu avant midi et de nouveau à $1^3/_4$ h.
29, à 9 h. soir, éclairs et tonnerres, suivis d'une forte averse qui dure une partie de la nuit.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 6 à 10 h. soir	732,70
10 à midi	728,07
12 à 8 h. soir	728,86
22 à 8 h. matin	731,53
26 à 6 h. matin	730,26
30 à 10 h. soir	727,19

MINIMUM.

	mm
Le 9 à 6 h. soir	723,78
12 à 6 h. matin	723,39
14 à 8 h. soir et 15 à 8 h. mat.	719,28
23 à midi	728,23
28 à 6 h. soir	721,00

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	724,64	— 1,65	+13,39	— 1,95	+10,8	+18,4	9,86	+0,88	868	+164	600	1000	6,6	6	SO. 1	0,93	+8,6	— 5,1	189,0
2	728,04	+ 1,71	+13,35	— 2,11	+ 9,3	+18,1	9,92	+0,87	861	+157	730	940	...	...	N. 1	0,86	...	.....	189,0
3	728,40	+ 1,72	+17,50	+ 1,92	+13,8	+22,1	11,99	+2,88	806	+102	590	930	5,9	9	variable	1,00	11,4	— 2,5	186,0
4	726,64	+ 0,22	+18,57	+ 2,87	+14,2	+23,0	12,99	+3,82	818	+114	580	950	7,8	9	SSO. 1	0,93	11,4	— 2,7	188,3
5	726.79	+ 0,33	+17,07	+ 1,25	+12,3	+21,1	8,49	—0,75	609	— 95	400	800	...	...	OSO. 1	0,32	11,6	— 2,6	194,2
6	732,08	+ 5,58	+15,49	— 0,45	+10,8	+20,7	7,56	—1,74	600	—104	360	810	...	...	N. 1	0,30	12,2	— 2,1	198,0
7	731,45	+ 4,91	+15,05	— 1,01	+ 8,7	+20,6	8,18	—1,18	652	— 52	380	820	...	...	N. 1	0,01	14,1	— 0,3	199,0
8	727,06	+ 0,48	+18,77	+ 2,60	+11,0	+26,1	9,71	+0,29	606	— 98	430	830	...	...	variable	0,46	15,5	+ 1,0	200,8
9	724,66	— 1,96	+16,61	+ 0,33	+14,0	+20,0	10,79	+1,32	783	+ 79	590	920	14,7	8	NNE. 1	0,95	...	.....	200,0
10	727,95	+ 1,29	+16,81	+ 0,42	+13,0	+21,5	8.74	—0,79	635	— 68	390	900	...	...	SO. 1	0,31	14,1	— 0,7	202,1
11	725,72	— 0,98	+18,32	+ 1,82	+ 8,0	+26,6	9,12	—0,47	590	—113	290	920	...	...	variable	0,43	13,9	— 1,0	203,8
12	725,29	— 1,45	+15,54	— 1,07	+11,5	+22,7	9,38	—0,26	744	+ 41	450	900	10,2	3	SO. 2	0,81	14,1	— 0,9	204,4
13	725,77	— 1,01	+14,95	— 1,76	+ 8,3	+20,9	9,03	—0,66	707	+ 5	510	870	...	...	N. 1	0,75	12,7	— 2,4	205,0
14	720,00	— 6,81	+13,11	— 3,71	+12,3	+16,0	9,49	—0,26	933	+231	800	980	13,4	12	SO. 1	1,00	12,5	— 2,7	206,5
15	720,32	— 6,53	+12,57	— 4,35	+11,6	+16,0	10,44	+0,64	886	+185	780	940	8,6	8	SSO. 1	1,00	13,2	— 2,1	207,5
16	722,24	— 4,65	+11,88	— 5,14	+10,0	+17,0	8,84	—1,01	858	+158	700	1000	1,0	3	SO. 1	0,91	...	.....	209,0
17	723,56	— 3,36	+14,73	— 2,38	+10,3	+19,2	7,89	—2,01	652	— 48	370	840	...	...	N. 1	0,61	11,2	— 4,3	207,8
18	725,08	— 1,88	+15,81	— 1,40	+12,2	+20,9	9,71	—0,24	739	+ 40	500	900	3,7	3	variable	0,83	14,8	— 0,8	209,5
19	726,31	— 0,68	+13,65	— 3,65	+11,4	+19,4	9,73	—0,26	843	+154	620	930	4,6	9	SE. 1	0,97	12,8	— 2,9	206,4
20	728,98	+ 1,95	+14,11	— 3,28	+10,8	+18,6	8,92	—1,12	745	+ 47	510	870	1,2	2	N. 2	0,43	12,0	— 3,8	208,7
21	730,28	+ 3,22	+15,44	— 2,04	+ 8,9	+21,6	9,70	—0,38	741	+ 44	540	880	...	...	N. 1	0,31	14,1	— 1,9	208,7
22	730,65	+ 3,56	+17,83	+ 0,26	+12,0	+23,0	11,86	+1,73	767	+ 71	590	860	...	...	N. 1	0,33	15,8	— 0,2	206,9
23	728,96	+ 1,84	+17,30	— 0,35	+14,8	+22,9	13,09	+2,92	894	+198	620	960	12,4	9	variable	0,92	...	.....	208,0
24	728,75	+ 1,59	+17,67	— 0,06	+14,9	+21,8	12,58	+2,37	841	+146	690	1000	...	...	N. 1	0,53	16,2	— 0,0	208,3
25	729,78	+ 2,59	+18,54	+ 0,73	+14,3	+22,1	12,37	+2,12	773	+ 79	660	840	...	...	N, 2	0,22	17,8	+ 1,5	210,4
26	729,77	+ 2,55	+20,03	+ 2,15	+14,0	+25,0	12,03	+1,74	690	— 3	510	860	...	...	NE. 1	0,09	17,8	+ 1,4	211,2
27	727,27	+ 0,02	+19,07	+ 1,11	+13,6	+23,9	11,71	+1,38	715	+ 23	470	840	...	...	variable	0,16	18,7	+ 2,2	211,5
28	722,63	— 4,65	+17,69	— 0,34	+14,0	+21,9	11,69	+1,32	771	+ 80	660	860	0,2	1	N. 1	0,45	18,8	+ 2,2	211,1
29	723,20	— 4,10	+17,57	— 0,52	+13,0	+23,6	12,51	+2,21	836	+145	590	980	12,9	7	N. 1	0,89	18,6	+ 1,9	212,1
30	726,62	— 0,71	+17,87	— 0,29	+14,2	+22,1	10,70	+0,26	716	+ 26	490	850	10,3	3	O. 1	0,49	...	.....	214,0

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1878.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,07	728,27	728,30	728,15	727,89	727,52	727,57	728,04	728,51
2e »	724,66	724,45	724,24	724,01	724,18	724,05	724,18	724,57	725,06
3e »	728,13	728,34	728,19	727,89	727,49	727,08	726,89	727,00	727,55
Mois	726,96	727,02	726,91	726,68	726,52	726,22	726,21	726,53	727,04
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+13,95	+16,41	+17,30	+18,99	+19,63	+20,05	+18,70	+16,41	+14,94
2e »	+12,74	+15,09	+16,18	+16,96	+16,28	+17,16	+16,06	+15,13	+13,73
3e »	+15,20	+17,13	+18,87	+20,45	+21,47	+21,51	+21,12	+18,88	+16,93
Mois	+13,96	+16,21	+17,45	+18,80	+19,13	+19,57	+18,63	+16,81	+15,20
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	9,99	10,24	9,81	9,93	9,96	9,52	9,78	9,65	9,88
2e »	9,74	9,60	9,51	9,03	8,86	8,95	9,29	9,06	9,61
3e »	11,37	11,54	11,70	11,59	11,74	12,23	12,13	12,53	11,95
Mois	10,37	10,46	10,34	10,18	10,20	10,23	10,40	10,41	10,48
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	838	737	674	618	590	556	624	699	785
2e »	884	759	706	636	672	646	696	709	826
3e »	876	791	728	649	624	649	657	765	837
Mois	866	762	703	634	628	617	659	724	816

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+11,79	+21,16	0,61	+12,36	35,0	194,6
2e »	+10,64	+19,73	0,77	+13,02	42,7	206,9
3e »	+13,37	+22,79	0,44	+17,22	35,8	210,2
Mois	+11,93	+21,23	0,61	+14,15	113,5	203,9

Dans ce mois, l'air a été calme 1,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,28 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 19°,9 O. et son intensité est égale à 12,8 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1878.

Le 1er, neige dans la matinée, brouillard tout le jour.
5, pluie dans la nuit, brouillard tout le jour.
6, brouillard une grande partie de la journée, forte bise.
8, brouillard le matin et le soir.
9, pluie le matin, puis brouillard intense ; très-fort vent du SO.
12, à 1 h. et à 4 h. après midi, orage avec tonnerres et grêle ; brouillard le matin et le soir.
13, fort vent du SO.
14, tout le jour forte pluie et brouillard, fort vent du SO.
15, pluie dans la nuit, brouillard presque tout le jour.
16, neige dans la nuit et le matin, puis brouillard, forte bise.
17, brouillard le matin et le soir.
18, brouillard le matin, pluie le soir.
19, neige dans la nuit, brouillard.
20, neige dans la nuit, brouillard jusqu'à 6 h. soir, forte bise.
23, pluie et brouillard le soir.
24, pluie et brouillard presque tout le jour.
27, brouillard le soir.
28, grêle et pluie vers midi, brouillard le soir.
29, pluie et brouillard presque tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1er à 6 h. matin	561,84
Le 7 à midi	570,58		
		10 à 6 h. matin	566,29
11 à midi	567,98		
		15 à 8 h. matin	559,14
22 à midi	571,98		
		24 à 6 h. matin	568,11
25 à 10 h. soir	571,95		
		28 à 10 h. soir	564,65
30 à 10 h. soir	567,75		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.				
1	563,31	— 2,37	561,84	564,84	+ 1,24	— 1,43	0,0	+ 3,5	90	7,2	....	NE.	1	1,00
2	567,24	+ 1,47	566,62	567,89	+ 4,54	+ 1,75	+ 3,1	+ 9,0	.....	.....	....	NE.	1	0,74
3	568,27	+ 2,45	567,84	568,70	+ 3,75	+ 0,85	+ 3,5	+ 6,4	.....	16,3	....	NE.	1	0,96
4	568,33	+ 2,43	567 90	569,13	+ 6,34	+ 3,33	+ 4,2	+ 9,1	.....	12,0	....	SO.	1	0,89
5	568,04	+ 2,06	567,78	568,43	+ 2,66	— 0,46	+ 0,2	+ 5,1	.....	12,3	....	NE.	1	0,97
6	569,19	+ 3,08	568,61	570,07	+ 0,38	— 2,85	— 1,4	+ 2,3	.....	.....	....	NE.	1	0,79
7	570,28	+ 4,09	570,02	570,58	+ 5,13	+ 1,79	— 0,1	+ 9,0	.....	.....	....	NE.	1	0,02
8	569,54	+ 3,27	569,03	570,29	+ 4,59	+ 1,14	+ 2,1	+ 8,8	.....	.....	....	SO.	1	0,53
9	567,12	+ 0,77	566,60	567,71	+ 2,75	— 0,80	+ 3,0	+ 3,9	.....	8,2	....	SO.	1	1,00
10	567,24	+ 0,81	566,29	567,75	+ 3,52	— 0,13	+ 0,6	+ 7,4	.....	.....	....	NE.	1	0,43
11	567,80	+ 1,29	567,58	567,98	+ 5,32	+ 1,57	+ 2,8	+ 9,1	.....	.....	....	SO.	1	0,36
12	566,36	— 0,23	565,27	567,19	+ 3,06	— 0,79	+ 1,2	+ 5,4	.....	12,0	....	SO.	1	0,99
13	565,93	— 0,74	565,55	566,50	+ 4,53	+ 0,58	— 0,9	+ 7,8	.....	.....	....	SO.	1	0,63
14	561,14	— 5,61	565,63	563,23	+ 1,00	— 3,04	+ 0,8	+ 2,4	.....	32,4	....	SO.	1	1,00
15	559,60	— 7,22	559,14	560,88	— 0,04	— 4,17	— 0,5	+ 1,8	.....	8,0	....	NE.	1	0,96
16	560,08	— 6,82	559,73	561,30	— 1,92	— 6,14	— 2,0	— 0,2	40	3,8	....	NE.	1	1,00
17	562,56	— 4,41	561,54	563,53	+ 1,33	— 2,98	— 2,5	+ 5,2	.....	.....	....	NE.	1	0,56
18	564,70	— 2,34	563,61	565,60	+ 1,62	— 2,78	+ 0,4	+ 3,9	.....	6,2	....	SO.	1	0,88
19	565,03	— 2,08	564,61	565,52	+ 1,28	— 3,21	+ 0,4	+ 3,7	70	23,4	....	NE.	1	0,96
20	566,16	— 1,02	564,31	567,92	+ 0,00	— 4,58	— 2,0	+ 1,7	100	8,4	....	NE.	1	0,81
21	570,47	+ 3,25	559,15	571,58	+ 6,73	+ 2,07	+ 3,4	+10,8	.....	.....	....	SO.	1	0,23
22	571,71	+ 4,39	571,51	571,98	+ 8,19	+ 3,45	+ 4,9	+11,1	.....	9,6	....	NE.	1	0,31
23	570,18	+ 2,79	569,10	571,71	+ 6,91	+ 2,09	+ 5,7	+ 9,0	.....	8,6	....	SO.	1	0,81
24	568,75	+ 1,30	568,11	569,36	+ 4,43	— 0,47	+ 4,0	+ 5,8	.....	.....	....	NE.	1	1,00
25	570,97	+ 3,46	570,01	571,95	+ 8,06	+ 3,08	+ 3,8	+11,7	.....	.....	....	NE.	1	0,29
26	569,65	+ 2,08	569,27	569,83	+ 8,19	+ 3,14	+ 6,2	+11,2	.....	.....	....	NE.	1	0,11
27	568,76	+ 1,13	567,82	569,57	+ 7,20	+ 2,08	+ 5,9	+10,6	.....	.....	....	NE.	1	0,59
28	564,93	— 2,76	564,65	565,78	+ 5,68	+ 0,49	+ 3,7	+ 8,7	.....	5,4	....	NE.	1	0,68
29	565,45	— 2,30	566,02	564,54	+ 4,09	— 1,17	+ 3,6	+ 5,5	.....	8,4	....	SO.	1	1,00
30	567,35	— 0,46	566,75	567,75	+ 7,65	+ 2,32	+ 4,4	+10,8	.....	.....	....	SO.	1	0,36

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1878.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,52	567,60	567,76	567,93	567,95	567,89	568,02	568,13	568,26
2e »	563,85	563,84	563,82	563,87	563,88	563,98	563,97	564,21	564,37
3e »	568,59	568,75	568,86	568,93	568,92	568,85	568,89	568,96	568,99
Mois	566,65	566,73	566,81	566,91	566,92	566,91	566,96	567,10	567,21
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 1,97	+ 3,27	+ 4,31	+ 5,28	+ 6,25	+ 5,80	+ 4,78	+ 3,14	+ 2,69
2e »	+ 0,17	+ 1,32	+ 2,73	+ 3,18	+ 3,74	+ 3,33	+ 2,94	+ 1,61	+ 1,61
3e »	+ 4,95	+ 6,87	+ 8,34	+ 9,06	+ 9,16	+ 8,39	+ 7,37	+ 6,46	+ 5,88
Mois	+ 2,36	+ 3,82	+ 5,13	+ 5,84	+ 6,38	+ 5,84	+ 5,03	+ 3,74	+ 3,39

	Min. observé.	Max. observé.	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 1,52	+ 6,54	0,73	56,0	90
2e »	— 0,23	+ 4,08	0,81	96,0	210
3e »	+ 4,56	+ 9,54	0.54	32,0	—
Mois	+ 1,95	+ 6,72	0,69	184,0	300

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,46 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 22,6 sur 100.

/ ont été faites sur le sol du
dans la cave.

e vaut une heure.
e vaut à peu près 0.5 Seconde
r le petit niveau.

Fig. 1

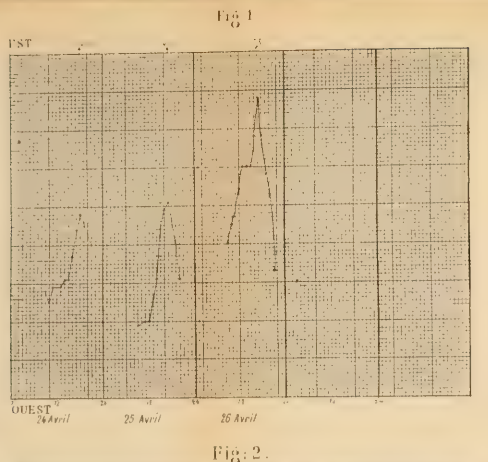
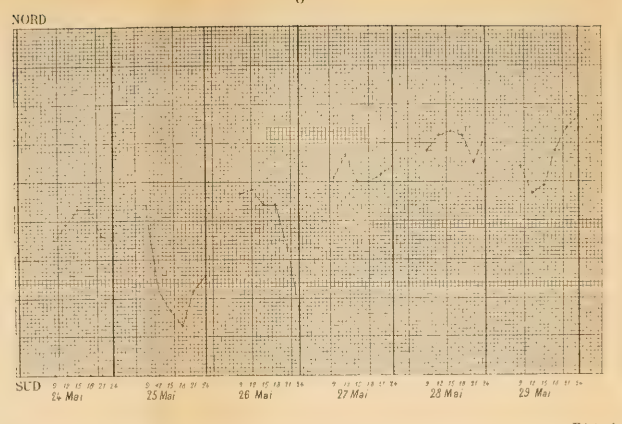


Fig. 3



Les observations de la fig 1 ont été faites sur le sol du pavillon et celles des fig 2, 3 et 4 dans la cave

Chaque millimètre d'abscisse vaut une heure

Chaque millimètre d'ordonnée vaut à peu près 0,5 seconde pour le grand niveau et 0,35 pour le petit niveau

Fig: 2.

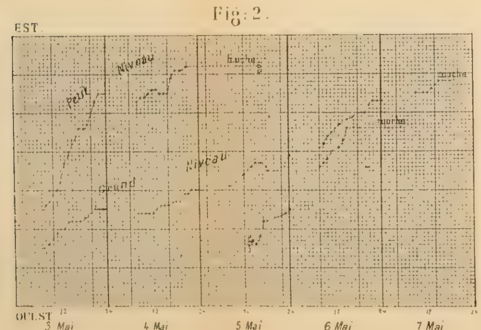
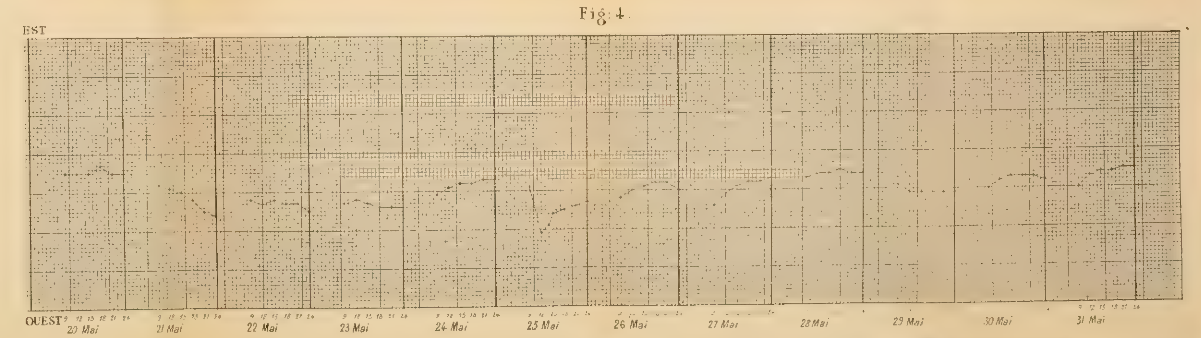
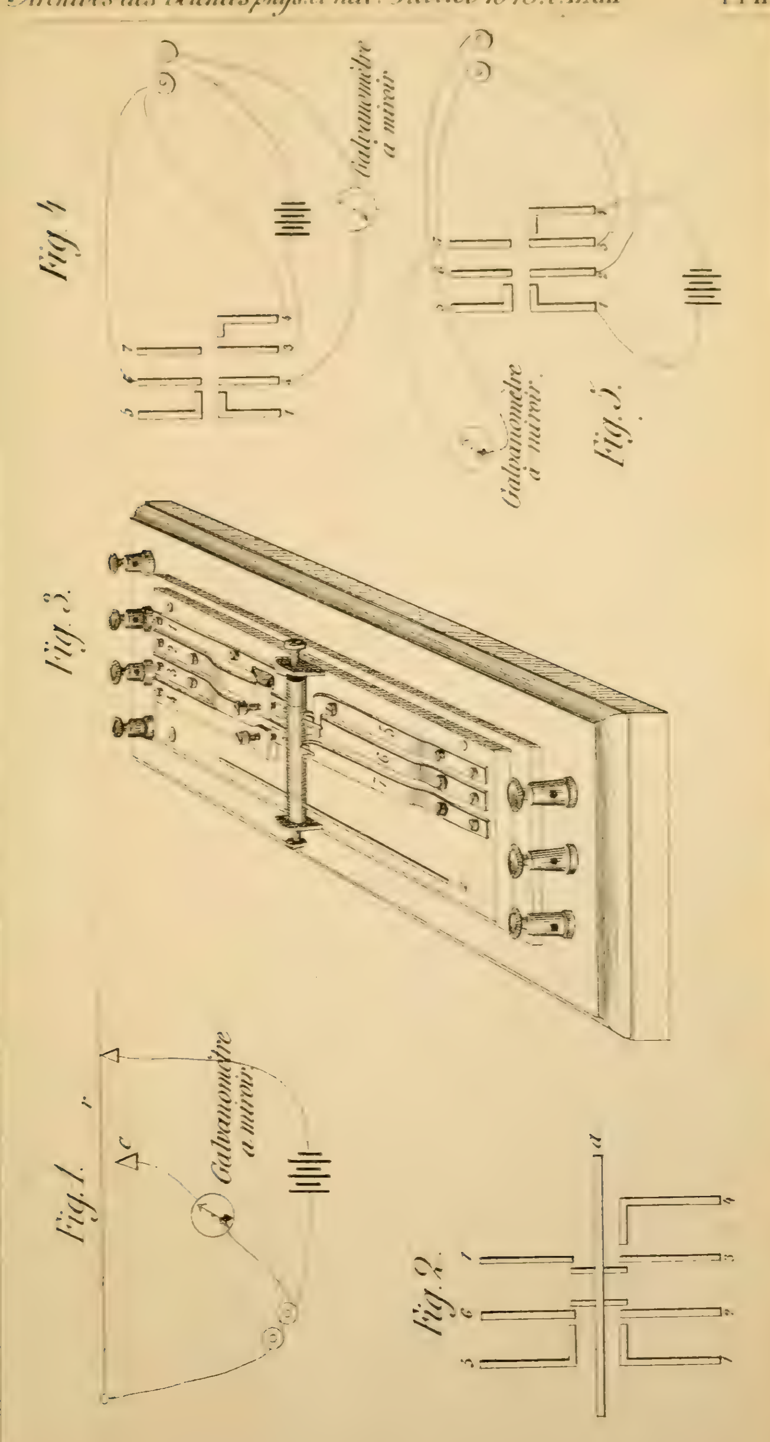
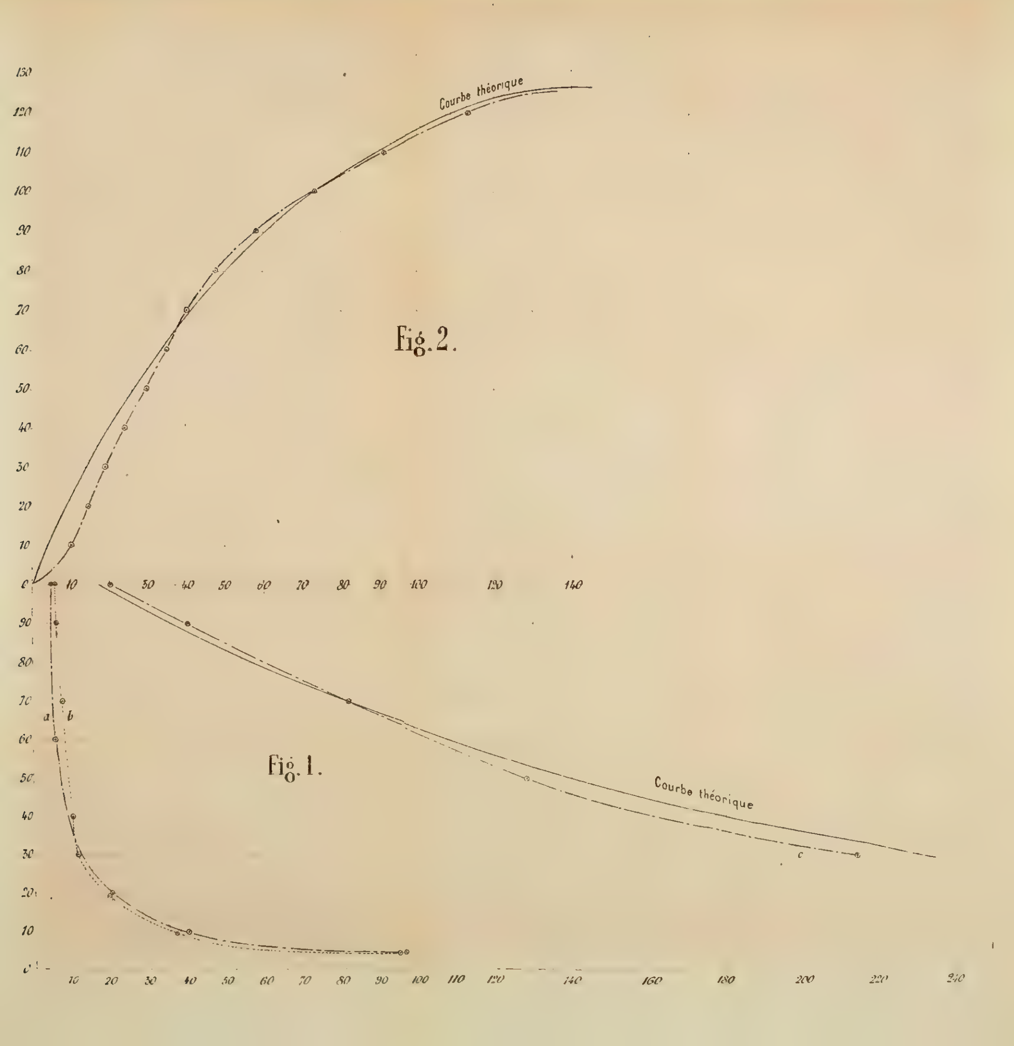


Fig: 4.




Fig. 1.
Galvanomètre
a miroir
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4
Galvanomètre
a miroir
Fig. 5.
Galvanomètre
a miroir.

130
120
110
100
90
80
70
60


Courbe théorique
Fig. 2.
Fig. 1.
Courbe théorique
a
b
c

RECHERCHES

SUR

L'ABSORPTION DES RAYONS ULTRA-VIOLETS

PAR DIVERSES SUBSTANCES

Par M. J.-L. SORET

(DEUXIÈME MÉMOIRE[1])

Sur les spectres d'absorption des terres de la gadolinite et du didyme.

Des recherches récentes[2] ont conduit M. Marignac à admettre, avec M. Delafontaine, la présence, dans la gadolinite de trois terres, dont deux, l'yttria et l'erbine, sont relativement bien connues, tandis que l'existence de la troisième, la terbine (erbine de Mosander) a été contestée par MM. Bahr et Bunsen, ainsi que par MM. Clève et Hoglund. En outre, M. Marignac a appuyé par certaines observations l'opinion de M. Delafontaine, qui considère comme très probable l'existence d'une quatrième terre, se rapprochant de la terbine par sa couleur jaune, mais en différant par un poids atomique plus faible[3]. Je la désignerai par X, M. Delafontaine, qui l'a découverte, ne lui ayant pas encore donné un nom.

[1] Voyez, pour le premier mémoire, *Archives*, mars 1878, t. LXI, p. 322.

[2] Voyez *Archives*, mars 1878, t. LXI, p. 283.

[3] Ibid., p. 273.

Le spectre d'absorption de l'erbine est caractérisé, comme on le sait, par des bandes noires, très nettes, dans la partie lumineuse, et l'on ne connaît guère que le didyme qui possède cette propriété d'une manière aussi tranchée. L'yttria ne présente rien de semblable. Quant à la terbine, les bandes qu'au premier abord M. Delafontaine avait cru devoir lui rapporter, appartiennent en réalité au didyme, comme l'ont fait voir MM. Bahr et Bunsen.

On peut se demander si, dans l'ultra-violet, il n'existe pas de bandes d'absorption caractérisant ces diverses bases; c'est là une question qui présente de l'intérêt et que M. Marignac m'a mis à même de résoudre en me confiant les produits suivants qu'il avait obtenus dans les recherches mentionnées plus haut:

1° Une solution de chlorure d'erbium, $ErCl^2+50Aq$. M. Marignac avait trouvé le chiffre 129 pour l'équivalent de l'oxyde qui a servi à cette préparation[1].

2° Une solution de chlorure de terbium, $TrCl^2+50Aq$, préparée avec la terre jaune pour laquelle l'équivalent est 115. Ce produit ne donne lieu, dans la partie lumineuse du spectre, qu'à quelques raies d'absorption très peu apparentes, il est donc à peu près complétement dépourvu d'erbine; cependant, comme on le verra, il ne peut pas être considéré comme composé de chlorure de terbium seulement.

3° Une solution, dans l'acide chlorhydrique, de celui des mélanges d'oxydes qui avait paru contenir la plus forte proportion de cette nouvelle terre X. Cette solution est une fois plus concentrée que les précédentes, $2RCl^2+50Aq$;

[1] Je conserve les formules adoptées par M. Delafontaine et M. Marignac dans leurs mémoires.

son spectre d'absorption, dans la partie lumineuse, présente toutes les raies de l'erbine notablement plus marquées que celles de la liqueur 1 ; elle contient donc plus de chlorure d'erbium que cette dernière. Son équivalent est 117.

Ces trois solutions peuvent être considérées comme ne contenant pas ou fort peu d'yttrium.

Enfin, M. Marignac a bien voulu me remettre une solution de chlorure d'yttrium, $YtCl^2 + 50Aq$, et une solution de chlorure de didyme, $DiCl^2 + 50Aq$.

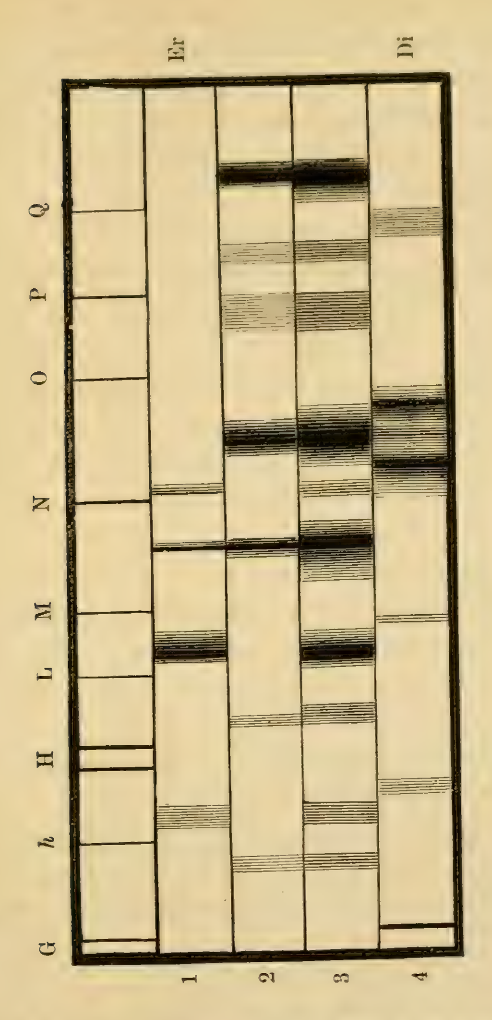
Je rapporterai d'abord les résultats que j'ai obtenus à la *lumière solaire* qui, en raison de sa plus grande continuité, est préférable à la lumière de l'étincelle électrique pour l'examen de substances que l'on peut supposer donner lieu à des bandes d'absorption très étroites. Les raies du spectre solaire gênent parfois un peu l'observation, mais elles ont, d'autre part, l'avantage de fournir des points de repère nombreux et parfaitement déterminés. D'ailleurs, les autres sources de lumière ne se prêtent guère à ce genre d'observation. La lumière oxyhydrique et celle du magnésium n'ont pas une intensité suffisante ; la lumière électrique entre des pointes de charbons manque de continuité dans l'ultra-violet ; je m'en suis cependant servi à plusieurs reprises comme moyen de contrôle.

Le spectroscope, à lentilles de quartz, était muni d'un prisme en spath d'Islande qui disperse plus que le quartz. Comme oculaire fluorescent, j'ai employé une lame d'esculine pour la partie du spectre ultra-violet moins réfrangible que O ; de O à R, une lame en verre d'urane est préférable.

Les liqueurs étaient placées devant la fente du spectroscope, tantôt dans une auge fermée par des lames de quartz, écartées d'un centimètre, tantôt dans de simples tubes d'essai en verre mince, de 12^{mm} de diamètre extérieur, qui permettent l'observation jusqu'à R et même un peu au delà.

Avec le chlorure d'yttrium je n'ai obtenu aucune raie d'absorption dans l'étendue entière du spectre *solaire* visible ou ultra-violet. Il en a été autrement avec les autres solutions.

La figure ci-contre représente schématiquement les résultats des observations.



Dans la partie supérieure du dessin sont tracées les principales raies solaires violettes et ultra-violettes; au-dessous sont figurés les spectres des liqueurs 1, 2 et 3; au-dessous encore le spectre du didyme qui ne peut se confondre avec les précédents.

La liqueur 2, qui a été examinée d'abord, présente, outre quelques bandes moins apparentes, une raie étroite entre les raies solaires M et N (je la désignerai par ν); puis une bande plus large (ω) entre N et O; enfin, une forte raie (ρ) un peu au delà de Q [1] (Voyez le spectre n° 2 dans la figure).

La liqueur 1 (erbine) présente une bande très légère (θ) un peu plus réfrangible que *h*; une forte raie (μ) très noire et très caractéristique, entre L et M; une raie moins forte coïncidant sensiblement avec la raie ν du spectre n° 2, mais plus étroite; enfin, une raie légère (ω) un peu après N (Voyez le spectre n° 1 dans la figure). En outre, on aperçoit avec quelque difficulté une trace des raies principales de la liqueur 2 (on ne les a pas figurées dans le spectre n° 1) [2].

Comme on le voit, ces deux spectres sont très différents. Le premier doit évidemment être attribué à l'erbine. — La solution 2 ne renfermant pas une proportion sensible d'erbine, puisqu'elle n'en donne les raies ni

[1] Cette liqueur donne aussi une légère bande (θ), près de H; elle n'est pas figurée dans le spectre n° 2; j'y reviendrai plus loin.

[2] On voit que, pour abréger, je désigne les raies dans la partie violette et ultra-violette par la lettre grecque correspondant autant que possible à la lettre romaine qui désigne la raie solaire suivante. Ainsi

ρ	indique une raie entre	Q	et	R	du spectre solaire.
χ	»	P	»	Q	»
ϖ	»	O	»	P	»
ω	»	N	»	O	»
ν	»	M	»	N	»
μ	»	L	»	M	»
λ	»	N	»	L	»
η	»	h	»	H	»
θ	»	G	»	h	»

dans le visible ni dans l'ultra-violet, et ne contenant pas non plus d'yttrium, qui, d'ailleurs, ne produit pas de bandes, il faut admettre que le spectre n° 2 appartient à une troisième base; ma première pensée a naturellement été de l'attribuer à la terbine.

Mais l'étude de la solution 3 conduit à une autre conclusion. En effet, ce mélange, comme on le voit dans le spectre n° 3, reproduit à la fois les bandes des spectres n° 1 et n° 2, et toutes *beaucoup plus marquées*. Il contient donc plus d'erbine que la solution 1 (ce que l'examen du spectre lumineux avait déjà démontré), et plus de la substance à laquelle est dû le spectre n° 2 que la solution 2. Or, comme il est seulement une fois plus concentré que les liqueurs 1 et 2, il faut nécessairement admettre, outre l'erbine et la terbine, la présence d'une autre terre.

J'ajoute que la liqueur 3, étendue de son volume d'eau et ramenée ainsi au même degré de concentration que 1 et 2, donne les bandes de l'erbine un peu moins fortes que 1, et les bandes du spectre n° 2 *notablement plus apparentes* qu'avec la solution 2. On doit en conclure en tout cas, que ce n'est pas à la terbine qu'appartient le spectre n° 2. L'hypothèse la plus simple consiste à l'attribuer à la nouvelle base X, en conservant le nom de *terbine* à la terre jaune, dont le poids atomique est intermédiaire entre celui de l'erbine et celui de X, comme cela résulte des recherches de M. Delafontaine et de M. Marignac.

Le spectre d'absorption de la terbine est beaucoup moins caractéristique que ceux de l'erbine et de la base X. En étudiant avec attention la liqueur 2, j'ai observé dans l'extrême violet une légère bande d'absorption θ, un peu moins réfrangible que H, elle n'est pas figurée dans le

spectre n° 2. Cette bande ne se retrouve pas dans les liqueurs 1 et 3; elle coïncide, il est vrai, avec une bande du didyme (voyez le spectre n° 4), mais elle ne peut être attribuée à ce métal dont les autres raies caractéristiques et bien plus apparentes font défaut dans la liqueur 2. — Cette bande doit donc appartenir à la terbine.

Ce fait a été confirmé par l'étude d'une nouvelle dissolution de chlorure de terbium, au même degré de concentration, que M. Marignac a préparée avec un échantillon de terbine, envoyé par M. Lawrence Smith et extrait de la samarskite. Cette liqueur présente une trace de didyme, mais elle contient évidemment beaucoup moins de la terre X que la solution 2 dont j'ai parlé plus haut, car toutes les raies du spectre n° 2 y sont très peu marquées. Or la bande 6, que j'attribue à la terbine, est au contraire plus forte; elle est *notablement plus marquée que dans le chlorure de didyme pur.*

Ainsi dans l'étendue entière du spectre *solaire* lumineux ou ultra-violet, la terbine ne produit que cette seule bande d'absorption assez légère.

Après avoir exposé les résultats principaux de cette étude, je pense qu'il ne sera pas inutile de reprendre avec un peu plus de détail la description des spectres de ces divers chlorures y compris celui du didyme, en y ajoutant ce qui concerne les radiations plus réfrangibles que celles de la lumière solaire.

Le spectre d'une manière générale peut être divisé en cinq parties pour lesquelles les méthodes d'observation sont différentes.

1° Le *rouge extrême* depuis les rayons visibles les moins réfrangibles jusqu'à la raie solaire *a;* cette portion

du spectre, qui n'est guère visible avec la lumière du gaz, peut être facilement étudiée à la lumière solaire en plaçant devant la fente du spectroscope à oculaire ordinaire un verre bleu de cobalt qui facilite beaucoup l'observation.

2° La *partie moyenne des rayons visibles* allant de *a* à G, pour laquelle la lumière du gaz est d'un emploi commode, en sorte que c'est celle qui, en général, a été la plus complètement étudiée et celle par suite qui m'a fourni le moins de faits nouveaux.

3° Le *violet* de G à H, qui se voit fort mal à la lumière du gaz, mais qu'il est facile d'étudier à la lumière électrique ou à la lumière solaire en plaçant un verre bleu devant la fente du spectroscope et en employant soit l'oculaire ordinaire, soit l'oculaire fluorescent (lame de verre d'urane ou esculine ammoniacale).

4° Le spectre *ultra-violet solaire* de H à R, observé avec un spectroscope à lentilles de quartz, prisme de spath d'Islande et oculaire fluorescent (lame d'esculine en dissolution aqueuse de H à O et de verre d'urane de O à R).

5° L'*ultra-violet extrême* depuis la raie 12 ou 13 du cadmium jusqu'à l'extrémité du spectre étudié avec la lumière de l'étincelle d'induction[1]. Il convient de remarquer que cette source de lumière n'étant pas continue, les raies d'absorption étroites peuvent échapper à l'observation. En particulier, avec les substances dont nous nous occupons maintenant et qui se distinguent par cette propriété exceptionnelle de donner lieu à des raies assez fines, je ne puis garantir de les avoir toutes reconnues; je n'avais pas à ma disposition assez de matière pour pouvoir multiplier les observations en employant successivement

[1] Dans mon premier mémoire (*Archives*, mars 1878, t. LXI, p. 324) j'ai décrit la méthode d'observation pour cette partie du spectre.

des électrodes formées d'un grand nombre de métaux différents. Cependant, il ne faut pas s'exagérer cet inconvénient : en effet avec des électrodes en fer les raies brillantes sont très serrées, et d'autre part, dans cette partie du spectre, les bandes d'absorption s'élargissent en général à cause de la grande dispersion.

Je vais maintenant énumérer les raies observées dans ces cinq parties du spectre.

Spectre de l'yttria. — Étudié sur la dissolution $YtCl^3 + 50Aq$.

Dans les quatre *premières parties* du spectre je n'ai observé aucune bande d'absorption.

5me partie. — La liqueur laisse passer les radiations jusqu'à la raie 17 du cadmium [1] qui est extrêmement affaiblie ; on observe ensuite une bande d'absorption allant au delà de la raie 21 ; les raies 22 à 24 sont affaiblies ; la raie 25 et les suivantes sont interceptées.

Avec la même liqueur étendue de son volume d'eau, la raie 17 est bien visible ; l'extinction est presque complète sur 19 ; puis la transparence reprend : 22 à 25 sont visibles mais affaiblies ; 26 est à la dernière limite de visibilité.

Spectre de l'erbine. — Étudié sur la solution 1, qui ne contient presque pas d'autre substance active que l'erbine, et sur la solution 3 qui contient, en outre, beaucoup de la terre X.

1re partie. — Pas de bandes (une bande moins réfrangible que A, observée avec la solution 3, appartient à la terre X).

2me partie. — J'ai observé toutes les bandes ou raies signalées par MM. Bahr et Bunsen [2] et par M. Lecoq de Boisbaudran [3]. Je me borne à quelques remarques.

Avec la solution 1 les quatre raies du groupe désigné par γ par

[1] Pour la numérotation des raies servant de repères voyez mon premier mémoire *loc. cit.*, p. 327.

[2] *Annalen der Chem. und Pharm.*, 1866, t. CXXXVII, p. 1. — *Annales de Chimie*, t. IX, p. 484.

[3] *Spectres lumineux*, p. 100.

MM. Bahr et Bunsen, sont facilement visibles dans le rouge ; la première et la troisième sont beaucoup plus fortes que les deux autres. Mais dans la solution 3 on ne distingue pas la première de ces quatre raies (29-30 échelle de Bunsen ; λ=683,5 Lecoq de B.) bien que toutes les autres raies de l'erbine soient beaucoup plus fortes qu'avec la liqueur 1. Je cite ce fait sans en tirer aucune conclusion pour le moment [1] ; il peut provenir de ce que la liqueur 3 affaiblit notablement la partie la moins réfrangible du spectre jusqu'à la place où cette raie devrait se rencontrer ; mais cette explication me paraît peu probable. Cette raie est un peu moins réfrangible, quoique très voisine d'une raie du didyme (λ=679).

La quatrième raie de ce groupe du rouge (37-38 échelle de Bunsen ; λ=640 Lecoq de B.) ainsi que la troisième du jaune (67 échelle de Bunsen ; λ=536 Lecoq de B.) me paraissent devoir être attribuées à la terre X ; en effet, elles sont très-sensibles avec la solution 2 (chlorure de terbium) qui donne à peine une trace des raies les plus caractéristiques de l'erbine ; en outre, elles sont très fortes avec la liqueur 3, et en particulier, avec cette liqueur *étendue de son volume d'eau*, elles sont plus marquées qu'avec la liqueur 1 non étendue, contrairement aux autres raies de l'erbine.

La bande du bleu (108 à 113 échelle de Bunsen ; λ=453 à 449 Lecoq de B.) provient de la superposition d'une raie relativement étroite, plus marquée du côté le plus réfrangible, qui appartient à l'erbine, et d'une bande large sans maximum apparent que l'on observe dans la liqueur 2 et qui appartient à la terre X. Cette bande est naturellement très marquée avec le mélange 3.

3me *partie*. — On observe une bande d'absorption, ou plutôt d'affaiblissement, que je désigne par θ, un peu après *h* (λ=408 à 404,5). Voyez la figure, spectre nº 1.

4me *partie*. — La bande la plus caractéristique de cette partie du spectre est la raie μ ; elle est très visible avec les liqueurs 1 et 3 ; elle manque complètement dans la solution 2. Elle est formée d'une raie très noire couvrant l'espace occupé par la bande solaire qui suit la raie L (λ=380 à 378,5). — Avec la liqueur 1, elle se prolonge par une ombre dégradée jusqu'à mi-distance entre les raies

[1] Il est possible que j'aie à revenir plus tard sur ce point qui est peut-être en corrélation avec des faits nouveaux observés par M. Marignac dans les recherches qu'il poursuit actuellement.

L et M et même un peu au delà. — Avec la liqueur 3, elle s'étend un peu plus vers M, et du côté le moins réfrangible elle atteint L. — Avec la liqueur 1 étendue de son volume d'eau, l'ombre est moins élargie et l'apparence devient assez analogue à celle de la raie solaire N. — Avec la dissolution 3, à laquelle on a ajouté 9 fois son volume d'eau, cette raie μ est encore bien sensible.

La raie ν est moins marquée, son intensité avec la liqueur 1 est à peu près égale à celle de N. — Sa position est facile à reconnaître : dans le spectre solaire, quand la dispersion n'est pas trop grande, on distingue facilement un groupe de 4 raies avant N (qui se résolvent en plusieurs autres quand le grossissement est plus fort) ; la raie ν occupe l'espace compris entre les deux premières de ces raies (λ=365 à 363,5).

La raie suivante ω est encore beancoup plus faible ; elle coïncide avec la bande solaire que l'on remarque immédiatement au delà N (λ= 357).

5me partie. — Avec la solution 1, on observe une bande d'absorption dont le centre paraît être sur la raie 18 du cadmium ; la raie 17 est déjà affaiblie, l'extinction est ensuite presque complète, puis la lumière reparaît un peu après la raie 20 ; les raies 22 et 23 sont très visibles et la raie 24 est affaiblie ; on ne distingue rien au delà.

Cette bande présente beaucoup de rapport avec celle de l'yttria, mais elle est moins large et moins forte.

Avec la liqueur 1 étendue de son volume d'eau, la bande diminue de largeur et l'obscurité n'est plus complète. La raie 25 est à la dernière limite de visibilité.

En ajoutant 5 fois son volume d'eau à la liqueur 1, la bande n'est plus sensible ; on distingue toutes les raies du cadmium ; 26 est affaiblie ; on voit encore les raies 27 et 28 (zinc) mais très affaiblies.

Spectre de la terbine. — Étudié sur la solution 2 et sur le chlorure de terbium de M. L. Smith.

1re et 2me parties. — Pas de bandes.

3me partie. — On voit une bande θ près de H (λ=402 à 399,5). Cette bande, comme je l'ai dit plus haut, est plus marquée avec la terbine de M. Smith ; elle est notablement moins foncée que la raie H.

4me partie. — Pas de bandes, mais un affaiblissememt graduel et assez prononcé.

5me partie.— L'affaiblissement est très marqué avec la liqueur 2; il y a un minimum de transmission un peu après 18; puis la lumière augmente un peu ; on distingue facilement les raies 22 et 23 après lesquelles le spectre est nettement interrompu. Il est fort possible que cette bande d'affaiblissement sur 18 n'appartienne pas à la terbine, mais bien à la terre X[1]. Le caractère saillant de cette partie de spectre de la terbine est que la lumière est brusquement interrompue après la raie 23; on obtient le même résultat avec la solution 2 étendue de son volume d'eau. En ajoutant encore de l'eau, le spectre s'étend davantage et atteint la raie 29 pour un volume de la liqueur 2 et cinq d'eau; mais on observe dans ce cas une bande d'absorption sur la raie 25, bande que je crois appartenir à la terre X.

Spectre de la terre X. — Les raies ou bandes qui caractérisent ce spectre se voient très faiblement dans la liqueur 1 qui contient surtout de l'erbine; elles sont bien visibles dans la dissolution 2, et bien plus marquées encore avec la dissolution 3, comme nous l'avons déjà dit.

1re partie. — Avec la liqueur 3, on distingue facilement dans le rouge une raie moins réfrangible que la raie solaire A, aussi marquée qu'elle et plus large; elle est à peu près dans la position symétrique de *a* de l'autre côté de A.

2me partie. — J'ai déjà dit, en parlant du spectre de l'erbine que la raie dans le rouge, $\lambda = 640$, et la raie dans le jaune-ver $\lambda = 536$, doivent appartenir à la terre X et non à l'erbine. — J'ai parlé aussi de la bande dans le bleu, $\lambda = 453$ à 449, qui coïncide avec une raie de l'erbine. Il y a donc 3 raies d'absorption de la terre X dans cette partie du spectre observable à la lumière gaz.

3me partie. — Une bande d'affaiblissement γ se reconnaît facilement entre les raies solaires G et *h*, plus près de cette dernière (voyez la figure, spectres nos 2 et 3); elle présente un maximum

[1] Je n'ai pas étudié cette partie du spectre avec la terbine de M. Smith; pendant que j'ai eu ce produit à ma disposition, l'auge à lames de quartz était en réparation.

du côté le plus réfrangible (λ=414,5) et se dégrade un peu de l'autre côté.

4me partie. — C'est dans cette partie que le spectre de la terre X contient le plus de bandes d'absorption.

On remarque en premier lieu une raie λ peu accentuée (λ=389 à 387 environ); sa largeur augmente avec la concentration.

La raie ν coïncide sensiblement avec la raie ν de l'erbine, mais elle est beaucoup plus forte; elle présente un maximum d'absorption très marqué (λ= 365 à 363,5) et se prolonge à droite et à gauche par une ombre dégradée; avec la solution 3 cette ombre atteint du côté le moins réfrangible la longueur d'onde λ=368 et du côté le plus réfrangible λ=360. — Dans la solution 3 additionnée de 6 volumes d'eau, cette raie a encore à peu près l'intensité de la raie solaire N.

La forte et large bande ω présente un maximum d'absorption mal défini, à peu près à égale distance entre les raies solaires N et O (λ=350 environ); elle s'étend plus du côté le moins réfrangible; avec la liqueur 3, elle occupe plus du tiers de l'espace compris entre N et O.

Les bandes ν et ω sont encore très sensibles dans la solution 3 additionnée de 9 volumes d'eau.

La bande d'affaiblissement ϖ beaucoup moins apparente, présente un maximum peu accentué (λ=337) un peu avant la raie solaire P; elle s'étend de λ= 340 à λ=336.

La bande d'affaiblissement χ, plus pâle que ϖ et un peu moins large, occupe à peu près le centre de l'espace entre P et Q.

La raie très noire ρ, un peu plus réfrangible que Q présente un maximum bien marqué et assez défini (λ=327 environ); à partir de ce maximum elle s'étend plus du côté le moins réfrangible que de l'autre. Avec la liqueur 3, l'ombre atteint la raie Q. — Cette raie, très caractéristique, est au moins aussi marquée que ν, quoiqu'un peu moins apparente à cause de la faible intensité de la lumière dans cette partie extrême du spectre solaire.

5me partie. Avec la solution 3, mélange d'erbine et de X, on observe une bande d'absorption s'étendant de la raie 16 du cadmium à la raie 21; les raies 22 et 23 sont visibles; on distingue encore 24, mais rien au delà. Cette bande, qui coïncide sensiblement par sa position avec un maximum d'absorption des autres

métaux de la gadolinite, appartient-elle réellement à la fois à l'yttria, l'erbine, la terbine et la terre X? C'est ce que je ne pourrais affirmer.

Quand on étend d'eau la liqueur 3, on voit cette bande s'atténuer successivement, puis disparaître ; mais il en apparaît une autre plus réfrangible, sur la raie 25 du cadmium ; ainsi, avec cette solution 3 additionnée de 9 fois son volume d'eau, on distingue tout le spectre de 12 à 23 sans affaiblissement notable ; 24 est très affaibli, 25 insensible ; la lumière recommence à la raie 26, qui est à peine sensible ; 27 est bien visible, 28 très affaibli et 29 intercepté. Cette bande d'absorption doit certainement appartenir à la terre X.

Spectre du didyme. — Étudié sur le chlorure $DiCl^2+50Aq$ et sur le sulfate de didyme (dans ce dernier cas sous une épaisseur de 10 centimètres).

1re partie. — On distingue à droite et à gauche de la raie solaire A deux fortes bandes d'absorption.

La première, la moins réfrangible, présente un maximum du côté de A ($\lambda=792$ environ). La seconde, déjà observée par M. Lecoq de Boisbaudran, commence très près de A ; elle est formée de trois raies réunies par une ombre ; la plus réfrangible de ces trois raies ($\lambda=730,5$) est la plus nette et la plus noire. Avec la lumière solaire cette bande dépasse en intensité toutes les autres raies du didyme, à l'exception de la grosse bande de l'orangé désignée habituellement par α.

Il semble qu'il y ait aussi une raie encore moins réfrangible que la première de celles dont je viens de parler ; mais la lumière est si faible dans cette partie extrême du spectre que je n'ai pas de certitude à cet égard.

2me partie. — Je n'ai pas étudié en détail cette partie du spectre du didyme ; elle est bien connue depuis les recherches de MM. Bahr et Bunsen, celles de M. Lecoq de Boisbaudran, etc.

3me partie. — On voit avec une grande netteté à la lumière solaire une raie très fine, très noire, très rapprochée de G (voyez la figure, spectre n° 4) ; elle a déjà été signalée par M. Lecoq de Boisbaudran, qui l'a observée à la lumière du gaz et par suite l'indique comme très faible ($\lambda=427,5$).

En second lieu, on distingue très près de H une légère bande

d'affaiblissement θ, que j'ai déjà mentionnée en parlant du spectre de la terbine ($\lambda = 402$ à 399,5).

4me *partie*. — Une légère bande d'affaiblissement μ recouvre l'espace compris entre les deux premières des quatre raies solaires du groupe M ($\lambda = 375$ à 373).

Une large bande ω s'étend depuis la raie solaire N, jusque près de O ; elle présente deux maxima bien marqués ($\lambda = 353$ et $\lambda = 358$) ; entre deux il paraît y avoir un troisième maximum peu accentué.

Une bande d'affaiblissement χ recouvre la facule brillante qui est si visible dans le spectre solaire immédiatement avant la raie Q ($\lambda = 330{,}5$ à 328,5).

5me *partie*. — L'absorption est assez forte dans cette partie du spectre sans que l'on ait observé de maximum bien défini. Avec le chlorure $DiCl^2 + 50Aq$ sous une épaisseur de 1 centimètre, on ne voit guère au delà de la raie 17 ; avec ce même chlorure étendu de son volume d'eau, le spectre s'étend jusqu'à la raie 24, mais il y a un affaiblissement général particulièrement sensible entre 17 et 22. En diminuant l'épaisseur de la couche de liquide on voit spectre s'étendre graduellement.

Études des chlorures de quelques métaux de la deuxième et de la troisième section.

La préparation et la séparation des terres de la gadolinite présentent de telles difficultés, qu'il pourrait subsister quelques doutes sur l'exactitude des résultats rélatés dans le chapitre précédent ; l'on pourrait se demander si une partie des bandes d'absorption que j'ai décrites ne doit pas être attribuée aux autres substances qui se rencontrent dans la gadolinite avec l'yttria, l'erbine, la terbine, la terre X et le didyme.

Les solutions sur lesquelles j'avais opéré, ayant été préparées par M. Marignac, je ne pouvais guère conserver

de scrupule à cet égard; mais il y avait en tout cas de l'intérêt à étudier les spectres d'absorption des métaux voisins des précédents. M. Marignac a bien voulu m'assister encore ici, et c'est à son obligeance que je dois la plupart des produits dont je vais parler maintenant.

Les recherches récentes de M. Nilson sur la chaleur spécifique du glucinium tendent à faire adopter la formule Gl^2Cl^6 pour le chlorure de ce métal; plusieurs chimistes pensent qu'une formule analogue doit être attribuée aux chlorures des métaux de la gadolinite, du didyme, du cérium, etc.[1] Il convenait donc de joindre à l'étude de ces substances celle de quelques autres sesquichlorures, tels que ceux d'aluminium, de fer, de chrome.

Je dirai d'abord qu'avec les substances dont il va être fait mention, à l'exception du sesquichlorure de chrome, je n'ai reconnu aucune bande d'absorption dans toute l'étendue du spectre solaire de A à R. Ainsi je n'aurai en général à m'occuper que de la dernière partie du spectre, celle que l'on observe à l'aide de la lumière de l'étincelle d'induction.

J'ajoute que pour cette étude je me suis quelquefois servi d'un appareil permettant de faire varier l'épaisseur de la couche liquide; j'en renvoie la description à une publication ultérieure.

Chlorure de cérium — $CeCl^2+50Aq$. — Les sels de cérium sont très intéressants non seulement par leurs propriétés d'absorption, mais aussi par leur belle *fluorescence* violette qui, à ma connaissance du moins, n'a pas été signalée jusqu'ici.

[1] Je conserve toutefois les anciennes formules, puisque ce sont celles qui ont été adoptées dans le chapitre précédent.

On l'observe facilement en faisant arriver un faisceau de lumière produite par des étincelles d'induction sur une auge fermée par des lames de quartz et contenant du chlorure ou du sulfate de cérium.— L'azotate de cérium ne présente pas la même propriété.

Un fait remarquable c'est que ce ne sont que les rayons les plus réfrangibles, à partir de la raie 16 du cadmium, qui excitent cette fluorescence; les rayons solaires ne la produisent pas du tout.

Le chlorure de cérium à 50 équivalents d'eau, sous une épaisseur de 1 cent. absorbe toutes les radiations plus réfrangibles que la raie 12 du cadmium.

Lorsqu'il est plus étendu ou en couche plus mince, il se manifeste trois bandes d'absorption, la première qui apparaît est comprise entre les raies 17 et 22; les deux autres beaucoup plus étroites tombent sur les raies 25 et 27 [1].

Voici quelques chiffres obtenus à l'aide de l'appareil permettant de faire varier l'épaisseur de la couche liquide, avec la solution $CeCl^2 + 50Aq.$, étendue de son volume d'eau.

Épaisseur de $0^{mm},2$.—On distingue encore la raie 29 qui est très affaiblie, — 28 est visible,— 27 interceptée, — 26 visible, — 25 interceptée, — 24 à 22 bien visibles, — 21 à 18 interceptées, — 17 bien visible.

Épaisseur de $0^{mm},3$.—La raie 26 est la dernière visible, très affaiblie, — 25 interceptée, — 24 à 22 visibles mais affaiblies, — 21 à 18 interceptées, — 17 bien visible.

[1] Dans mon premier mémoire, j'avais déjà signalé la première de ces bandes dans le spectre du sulfate de cérium; j'ai constaté depuis que ce sel, aussi bien que le chlorure, produit les deux autres bandes tombant sur les raies 25 et 27. Elles m'avaient échappé d'abord, parce que les deux limites de concentration entre lesquelles on peut les distinguer sont très rapprochées l'une de l'autre.

Épaisseur de $0^{mm},35$ — 23 s'éteint.
» $0^{mm},45$ — 22 est interceptée.
» $2^{mm},3$ — 17 s'éteint.
» $8^{mm},4$ — la forte raie du magnésium avant 17 du cadmium s'éteint.
« 28^{mm} — on voit encore la raie 12.

Chlorure de lanthane — $LaCl^2+50Aq$. — Cette substance dont la transparence est plus grande que celle du chlorure de cérium, donne un spectre moins net; on n'observe qu'une bande d'absorption mal définie entre les raies 17 et 22; le maximum d'absorption paraît tomber sur la raie 20.

Cette solution étendue de son volume d'eau a donné les résultats suivants :

Épaisseur $2^{mm},7$ — on voit tout le spectre jusqu'à 29 qui est très affaiblie.

Épaisseur $7^{mm},0$ — 29 interceptée, — 28 très affaiblie, — 27 affaiblie.

Épaisseur $8^{mm},4$ — 28 interceptée, — 27 très affaiblie, — 26 affaiblie.

Épaisseur $15^{mm},0$ — 25 interceptée, affaiblissement des raies 18, 19 et surtout 20.

Épaisseur $25^{mm},0$ — 22 à 24 affaiblies, — 20 interceptée, — 18 à peine visible, — 17 est visible.

Thorine. — Cette terre, que je dois à l'obligeance de M. Damour, a été amenée à l'état de *chlorure*, $ThCl^4+50Aq.$; mais la dissolution était un peu colorée en jaune, probablement par une trace de fer. Sous une épaisseur de 1 cent. elle affaiblissait les rayons violets et interceptait presque

tout l'ultra-violet, la raie solaire L étant déjà difficilement visible.

Étendue de son volume d'eau, cette liqueur laissait passer jusqu'à la raie 12, mais rien au delà. — En ajoutant encore un volume d'eau on pouvait distinguer jusqu'à la raie 17.

Cette absorption pouvant être attribuée à la présence de fer, on a converti le chlorure en *sulfate* qu'il est plus facile d'obtenir incolore; la solubilité étant moins grande, la liqueur a été amenée à contenir 10 fois plus d'eau — $ThO^2 . 2SO^3 + 500Aq$.

Cette solution est plus transparente que la précédente : sous une épaisseur de 10 cent. (c'est-à-dire 10 fois plus grande que celle que l'on avait pour le chlorure, qui était 10 fois plus concentré), elle laisse passer l'ultra-violet jusqu'à la raie 17; l'affaiblissement est sensible depuis la raie 10.

Sous une épaisseur de 1 cent., le spectre ne présente pas d'affaiblissement sensible jusqu'à 24, puis il y a décroissement d'intensité jusqu'à 28 qui est à la dernière limite de visibilité.

On n'a donc observé aucune bande d'absorption.

Le sulfate de thorium m'a paru présenter une légère fluorescence verdâtre [1].

Chlorure de glucinium. — $GlCl^2 + 10Aq$. — Cette solution ne donne lieu à aucune bande; elle affaiblit tout

[1] Cette solution de sulfate de thorium a été préparée en dissolvant à froid le sulfate anhydre; elle était parfaitement claire quand on l'a examinée; mais quelques jours après, il s'est produit un dépôt cristallin abondant, formé sans doute de sulfate de thorium hydraté.

l'ultra-violet et l'absorption des rayons croît graduellement avec leur réfrangibilité.

Sous une épaisseur de 1 cent. la raie 17 et les suivantes sont interceptées.

Cette liqueur, étendue de trois fois son volume d'eau, est plus transparente ; l'affaiblissement successif du spectre se manifeste depuis la raie 17 ; 25 et 26 sont très difficilement visibles.

Avec l'appareil à épaisseur variable et cette dernière solution, on a obtenu les résultats suivants qui présentent peu de précision, l'affaiblissement étant très graduel :

Épaisseur	3^{mm},7	— la raie	28	s'éteint.
»	16^{mm},0	»	26	»
»	20^{mm},2	»	23	»
»	27^{mm},0	»	17	»

Chlorure d'aluminium. — Ce corps en dissolution concentrée ne donne lieu à aucune bande ; l'affaiblissement des rayons va en croissant avec leur réfrangibilité.

Sous une épaisseur de 1 cent. on distingue jusqu'à la raie 18 du cadmium; sous 6^{mm},6 le spectre s'étend jusqu'à 22.

Sesquichlorure de chrome, vert — $Cr^2Cl^6 + 150Aq$. — Cette solution laisse passer le rouge du spectre, puis donne une large bande d'absorption ; on observe ensuite une bande de transparence verte, à laquelle succède une seconde large bande d'absorption ; la transparence reprend après la raie 9 du cadmium jusqu'à 13, au delà tout est intercepté.

En diminuant l'épaisseur ou en étendant d'eau, on voit que cette bande de transparence dans l'ultra-violet s'élar-

git des deux côtés. Ainsi avec la liqueur additionnée de son volume d'eau, la raie 9 n'est éteinte que pour une épaisseur de 20^{mm},8; la raie 17 devient visible pour une épaisseur de 8^{mm},6.

Le maximum de transparence dans l'ultra-violet est à peu près sur la raie 11, qui est aussi facilement transmise que les rayons verts.

Chlorures de fer. — Le *sesquichlorure de fer* absorbe énergiquement les rayons les plus réfrangibles du spectre; l'intensité de la lumière décroit graduellement et les mesures sont difficiles.

Avec une dissolution contenant environ 3^{gr},5 de sesquichlorure dans un litre, on a obtenu les résultats suivants :

Sous l'épaisseur :

de 0^{mm},3	la raie	22	s'éteint,	les suivantes interceptées.
0^{mm},6	»	18	»	»
0^{mm},9	»	17	»	»
2^{mm},4	»	9	»	»

En étendant la dissolution et en l'amenant à ne contenir que 0^{gr},350 dans un litre on a trouvé que la raie 26 s'éteint pour une épaisseur de 3^{mm},6.

Le *protochlorure de fer* est beaucoup plus transparent; on n'observe aucune bande. Avec une dissolution de 58^{gr},4 de chlorure hydraté dans un litre on a trouvé que

sous l'épaisseur de	2^{mm},3	la raie	26	s'éteint.
»	3^{mm},0	»	22	»
»	3^{mm},6	»	18	»
»	14^{mm},2	»	17	»

En résumé, on voit qu'il n'est pas possible de confondre les spectres d'absorption des substances qui viennent d'être examinées avec ceux des terres de la gadolinite.

Un fait assez remarquable cependant, c'est que les métaux de la gadolinite et ceux de la cérite, à savoir l'ytrium, l'erbium, le terbium, X, le cérium, le lanthane, le didyme (ce dernier d'une manière beaucoup moins nette) donnent tous lieu à une bande d'absorption ultra-violette située sensiblement dans la même position entre les raies 17 et 22 du cadmium. Toutefois, la généralité de ce fait ne saurait être admise d'une manière absolue avant d'être vérifiée sur des produits absolument purs.

L'erbium, le métal X et le didyme sont caractérisés par la présence de bandes d'absorption nombreuses, dont quelques-unes très étroites, distribuées soit dans la partie lumineuse du spectre, soit dans l'ultra-violet.

Le terbium et le cérium participent dans une certaine mesure à cette propriété, puisque (outre la bande ultra-violette entre 17 et 22) ils sont caractérisés, le premier par une bande étroite dans le violet, et le second par deux bandes étroites dans l'ultra-violet extrême.

Les chlorures de thorium, glucinium, aluminium, chrome et fer ne donnent point de bandes d'absorption, mais leur transparence va en diminuant d'une manière graduelle à mesure que la réfrangibilité des rayons augmente.

P.-S. — Au moment où se termine l'impression de ce mémoire, je reçois le numéro des *Comptes Rendus de*

l'Académie des Sciences de Paris, du 22 juillet 1878. Il contient deux communications de M. Lawrence Smith qui admet l'identité de la terre que j'ai désignée par X avec une base dont il a reconnu l'existence dans la samarskite. Il donne au métal le nom de *Mosandrum*. Quelques passages de cette communication laissent toutefois supposer que ce que M. L. Smith appelle le mosandrum n'est pas ce que j'ai appelé X, mais plutôt le métal qu'avec M. Delafontaine et M. Marignac j'ai désigné sous le nom de *terbium*. En effet, comme je l'ai dit, la terre que M. L. Smith a envoyée à M. Marignac, donne très faiblement les raies de la terre X, et ne diffère pas autrement de la solution 2.

LES

CAUSES DES SEICHES

PAR

M. le Dr F.-A. FOREL,

Professeur à l'Académie de Lausanne

Je crois avoir démontré dans les divers mémoires que j'ai publiés sur le sujet[1] que les *seiches* des lacs sont des mouvements rhythmiques d'oscillation de l'eau, à savoir des mouvements d'oscillation fixe uninodale; que dans les seiches toute la masse du lac subit un mouvement de balancement d'une extrémité du lac à l'autre, *seiches longitudinales*, d'une rive à l'autre, *seiches transversales*[2].

[1] F.-A. Forel, Première étude sur les seiches, Lausanne 1873. — Deuxième étude, 1875. *Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.* XII, 213; XIII, 510. — Les seiches, vagues d'oscillation fixe des lacs. *Actes de la Soc. helvét.* Andermatt, 1875. — Le limnimètre enregistreur de Morges. *Arch. des Sc. ph. et nat.*, Genève, 1876; N. P. LVI, 305. — La formule des seiches, *Arch.*, 1866, LVII, 278. — Essai monographique sur les seiches du Léman. *Arch.*, 1877, LIX, 50. — Contribution à la limnimétrie du Léman. IIme série, § XIV. Lausanne, 1877. *Bull. Soc. Vaud. sc. nat.*, XV, 160.

Voyez encore *Arch. des Sc. phys. et nat.* de Genève, 1874, XLIX, 24; 1875, LIII, 281. — *An. de chimie et de phys.* de Paris, IVme série, IX, 1876. — *Comptes rendus* de l'Académie des Sc. de Paris, LXXX, 107, LXXXIII, 712.

[2] A côté de ces mouvements principaux, on peut encore constater des seiches partielles ou locales, oscillant dans certaines par-

Dans ces publications je me suis peu occupé des causes des seiches, réservant cette étude, l'une des plus difficiles du sujet, pour l'époque où j'aurais assez de matériaux d'observation. Le moment me semble venu de remplir cette partie de ma tâche. Je dispose en effet d'observations limnimétriques continues, faites à Morges avec mon appareil enregistreur, depuis le 20 mars 1876; grâce à l'obligeance de M. Philippe Plantamour de Genève, j'ai eu communication des tracés de son limnimètre enregistreur de Sécheron qui fonctionne régulièrement depuis le 18 juin 1877.

Ces deux séries d'observations, formant ensemble déjà à présent[1] des tracés de près de 1200 mètres de longueur, pourront servir de base à bien des études, et seront de précieux matériaux pour tout ce qui se rapporte à la limnimétrie des lacs en général, et à celle du Léman en particulier. J'exprime ici le vœu que M. Ph. Plantamour veuille prochainement publier les faits généraux qui résultent de l'étude des tracés de son enregistreur, et avant tout les types principaux des seiches qui y sont si magnifiquement dessinées.

En laissant de côté la théorie générale des seiches, je veux pour aujourd'hui me borner à choisir dans les maté-

ties restreintes d'un lac. Cf. F.-A. F. Essai monograph. sur les Seiches du Léman, p. 15. Il y a aussi à considérer des mouvements d'oscillation plurinodales; c'est à cet ordre d'ondulations qu'il faut probablement rapporter ce que j'ai décrit sous le nom de vibrations (cf. F.-A. F., le limnimètre enregistreur de Morges, p. 11), et aussi les oscillations observées parfois sur les bords de l'Océan. (Cf. David Milne, On a remarkable oscillation of the sea observed at various places of the coasts of Great Britain, in the first week of July 1843, *Trans. of royal soc. of Edinburgh*, XV, 609, 1844.) Je ne puis m'occuper aujourd'hui de ces faits.

[1] Au 31 décembre 1877.

riaux dont je dispose les faits qui me semblent utiles pour traiter la question suivante : Quelle est la cause, ou quelles sont les causes des seiches ? question que je formulerai plus précisément en disant :

Quelles sont les actions qui mettent l'eau en mouvement d'oscillation fixe uninodale (oscillation de balancement) dans les bassins fermés des lacs ?

Pour répondre utilement à cette question, je commencerai par décrire les allures des seiches d'après les tracés de l'enregistreur de Morges.

Dans un deuxième chapitre, je résumerai les théories proposées pour expliquer les seiches.

Dans un troisième chapitre je traiterai des rapports des seiches avec les mouvements de l'atmosphère.

Dans un quatrième chapitre je traiterai des rapports des seiches avec les tremblements de terre.

Dans un dernier chapitre enfin, je poserai mes conclusions.

CHAPITRE I

Allures des seiches à Morges

Si je déroule les 900 mètres de tracés[1] que m'a jusqu'à présent donnés mon limnimètre enregistreur de Morges, je constate les faits suivants[2] :

[1] Mes tracés donnent de grandeur naturelle les variations de hauteur de l'eau ; le papier se déroule avec une vitesse de un millimètre par minute, six centimètres par heure, un mètre 44 cent. par jour. Il résulte des proportions de l'appareil que toute dénivellation dont la durée est de plus d'une demi-minute s'enregistre très nettement sur le tracé, et que toute dénivellation qui dépasse un demi-millimètre, s'enregistre si elle est suffisamment prolongée.

[2] Les faits dont je vais parler ne sont pas toujours, au premier

I. Les tracés présentent tantôt une ligne régulièrement ondulée, non accidentée, tantôt une courbe brodée d'oscillations secondaires de $^1/_2$, de 1, 2 minutes, de 4 minutes même de durée. Ces oscillations secondaires quelquefois très régulières, le plus souvent assez inégales dans leur amplitude et dans leur durée, sont dues, soit à l'action du vent, soit à celle des bateaux à vapeur. Je les ai désignées provisoirement sous le nom de *vibrations*[1]; j'en ferai autant que possible abstraction dans l'étude actuelle, leurs rapports avec les seiches étant nuls, ou à peu près nuls[2].

abord, aussi évidents sur les tracés qu'il pourrait le sembler d'après la description qui va suivre ; ils résultent de l'étude persévérante et continue que j'en ai faite pendant plus de dix ans sur le phénomène des Seiches, pendant deux années et demie sur les tracés de l'enregistreur, au fur et à mesure du développement des faits physiques et météorologiques; mais je sens parfaitement, que de même qu'ils ne se sont révélés à moi que lentement et successivement, de même aussi leur vérification peut échapper à une première étude. Cela soit dit à l'adresse de ceux qui continueraient ces recherches et qui utiliseraient mes matériaux : la mine est encore riche et ils trouveront encore bien des faits à découvrir, bien des courbes à expliquer, bien des formes d'ondulation que je ne suis pas arrivé à résoudre; mais qu'ils s'arment de patience, et ne se laissent pas décourager trop vite par l'apparence irréductible des hiéroglyphes qu'il s'agit de déchiffrer.

[1] Je suis arrivé ces jours derniers (juin 1878), en modifiant mon limnimètre enregistreur, en augmentant en particulier le nombre et le calibre des tuyaux d'alimentation du puits, et en accélérant la vitesse de l'enregistrement, à développer d'une manière très heureuse les tracés de ces oscillations. Les *vibrations* du lac sont incontestablement un type particulier de vagues, intermédiaires par leur durée entre les vagues d'oscillation progressives du vent ou des bateaux à vapeur, et les seiches. Quelle est leur véritable nature ? je ne sais encore le dire.

[2] Cf. F.-A. Forel, Limnimètre enregistreur de Morges. *Arch.*, LVI, 316, pl. II, f. 4 ; pl. III, f. 6, 8, 10 et 11. — *Ann. de Ch. et de Phys.* de Paris, Vme série, IX, f. 5, 6 et 7.

II. La surface du lac n'est jamais complètement immobile ; jamais le tracé ne m'a montré pendant une heure de suite, pendant une demi-heure, pendant un quart d'heure, une ligne absolument droite. La surface du lac est essentiellement mobile et l'eau est toujours en état d'agitation [1].

Les mouvements de la surface du lac sont quelquefois irréguliers et sans rhythme déterminé (v. fig. 5) ; mais le plus souvent, on peut reconnaître dans les oscillations de l'eau le rhythme régulier des seiches.

L'absence absolue de toute espèce de seiche, ce qu'on peut appeler le *calme plat* au point de vue des seiches, est un fait relativement rare, mais il existe. Je dois donc corriger un peu la dix-neuvième conclusion de ma deuxième étude sur les seiches dans laquelle j'insistais sur l'existence constante et absolue des seiches, et où, sans nier la possibilité de l'état de repos, je disais n'en avoir pas rencontré d'exemple. Je reconnais aujourd'hui que le calme plat peut exister, et qu'avec un appareil enregistrant les dénivellations de $^1/_2$ millimètre et plus de hauteur, on peut reconnaître des périodes pendant lesquelles il n'y a pas trace de mouvement oscillatoire appréciable.

Cela varie du reste avec les saisons. Il est certains mois dans lesquels on ne pourrait pas trouver une heure de calme plat ; il est d'autres mois pendant lesquels les calmes plats sont plus fréquents et peuvent même avoir une durée

[1] Je ne parle pas ici des vagues du vent, des vagues causées par la progression des barques et des bateaux à vapeur, des vagues d'oscillation progressive qui ne s'inscrivent pas à l'enregistreur ; je ne m'occupe que des mouvements plus lents, le plus souvent inappréciables à l'œil, mais qui peuvent se dessiner sur les tracés.

assez forte ; j'ai vu des séries de 10, 12 heures et plus de calme plat[1].

III. A côté de ces périodes plus ou moins longues de calme absolu, nous trouvons à Morges le plus souvent et normalement, les mouvements rhythmiques des seiches. Ces mouvements appartiennent à deux types[2] :

A. Le type habituel de beaucoup le plus fréquent, qu'on peut dire exister presque constamment, les seiches transversales du lac, d'environ 10 minutes de durée.

B. Le type accidentel, beaucoup plus rare, ne se dessinant qu'exceptionnellement au limnimètre de Morges, les seiches longitudinales du lac, d'environ 73 minutes de durée.

Les *Seiches longitudinales* du lac sont rares et faiblement dessinées à Morges, où elles apparaissent sur les tracés de l'enregistreur sous la forme de grandes ondulations très-peu accentuées, à contours très mols et très peu accusés. La fig. 1 en peut donner un exemple; voyez encore dans la fig. 8 les grandes oscillations qui apparaissent sous les seiches transversales. Ces seiches longitudinales ont leur point mort, ou centre d'oscillation très

[1] Les plus longues périodes pendant lesquelles je ne puis constater les oscillations typiques des seiches sont quand le lac est agité par des vibrations causées par le vent, et en particulier par le vent du Nord, la bise. Il semble que les vibrations aient pour effet d'éteindre les seiches. Mais je ne suis pas assez assuré que ces vibrations ne soient pas une forme de seiches, ou bien des seiches uninodales à impulsions très nombreuses et très fréquentes, ou bien des seiches plurinodales, pour que j'ose actuellement insister davantage sur ces faits.

[2] Je ne parle pas ici de mouvements anormaux et tout à fait exceptionnels de 20 minutes de durée, dont je n'ai pas encore l'explication. Voyez mon Essai monographique sur les Seiches du Lac Léman.

près de Morges; c'est pour cela qu'elles sont aussi faibles dans cette station, où elles présentent une amplitude de 10 à 12 fois moins considérable qu'à Genève. Ce n'est que lorsqu'elles sont exceptionnellement fortes à Genève, lorsqu'elles y dépassent 10 ou 20 centimètres d'amplitude, que je commence à les reconnaître sur les tracés de l'enregistreur de Morges; ordinairement elles sont masquées par les autres types d'oscillation qui brodent sur leur tracé.

Je donnerai une idée de leur fréquence à Morges par les chiffres suivants. A commencer par le 20 mars 1876, à 18 heures[1], début de mes observations, j'ai constaté des seiches longitudinales reconnaissables :

Du 25	mars à	10	heures	au 27	mars à	11	heures.
28	»	15	»	31	»	19	»
9	avril	8	»	10	»	2	»
14	»	7	»	15	»	1	»
17	»	10	»	18	»	3	»
19	»	21	»	21	»	21	»

et ainsi de suite.

Ainsi sur 770 heures, il n'y a eu que 225 heures environ où les seiches longitudinales ont été apréciables, soit moins du tiers du temps. Et encore dois-je, ajouter que nous avons eu affaire là à une période où les seiches ont été remarquablement fortes. Si je m'adresse au mois de juillet de la même année, je trouve une fréquence encore bien moindre; dans ce mois je ne reconnais à Morges des seiches longitudinales que :

[1] Ma journée d'observation commence à minuit; 18 heures est donc 6 h. du soir de la journée civile.

Du 8 juillet à	15 heures	au 9 juillet à	14 heures.
24 »	7 »	26 »	12 »
27 »	9 »	28 »	10 »

soit 101 heures de seiches longitudinales sur les 744 heures du mois, moins du septième du temps.

Si je compare les tracés de l'enregistreur de Genève avec les miens, je constate que très fréquemment il existe à Genève des seiches longitudinales qui échappent à mon limnimètre; j'en conclus que, au point de vue de leur fréquence et de leurs allures, ces seiches doivent être étudiées à Genève et non à Morges. Dans le travail statistique que j'ai à faire aujourd'hui sur les documents de Morges, pour déterminer les causes des seiches, je dois donc les laisser de côté et ne m'occuper que des seiches transversales.

Il est cependant un point que je puis noter avec utilité à propos de ces seiches longitudinales, car il est loin d'apparaître aussi facilement et avec le même degré d'évidence chez les seiches tranversales; c'est le fait de la décroissance régulière et progressive de l'amplitude de l'oscillation, depuis sa première apparition jusqu'à son extinction. L'on voit admirablement, sur certaines pages des tracés de Morges, les seiches longitudinales apparaître tout à coup avec un maximum d'amplitude, puis continuer à osciller pendant des heures et des journées, toujours avec le même rhythme, mais avec une hauteur décroissante, jusqu'à ce qu'elles ne soient plus apparentes sur les tracés. C'est ainsi que les seiches longitudinales qui ont commencé le 25 novembre 1877 en faisant une seiche haute à 1 h. 12 minutes, étaient encore assez visibles le 29 novembre, pour que j'aie pu déterminer le moment précis d'une seiche haute à 8 h. 32 minutes. En

quatre jours et sept heures, soit en 6200 minutes, il y a eu quatre-vingt quatre seiches longitudinales dans cette magnifique série d'oscillations, la plus belle que j'aie vue jusqu'à présent [1].

Les *seiches transversales* ont à Morges leur maximum d'amplitude, si nous en jugeons par la position de la station à l'extrémité du petit diamètre du lac, au point de plus grande largeur. Elles y sont très bien développées et se présentent sur mes tracés sous la forme d'oscillations très évidentes et très bien marquées.

Quelquefois, je puis même dire souvent, ou le plus souvent, l'oscillation est simple et régulière ; l'ondulation du tracé représente une série d'oscillations de 10 minutes de durée, qui sont comme nous l'avons vu ailleurs [2], étant données les dimensions en largeur et en profondeur du lac, les seiches transversales du Léman. On trouvera des exemples de ces seiches simples et régulières, dans la figure 2 et dans la figure 8, 22 août 1876 de 10 à 14 heures.

D'autres fois, l'oscillation est tout à fait irrégulière; des ondulations pressées, de 2, 3, 4, 8, 10 minutes de durée, d'amplitudes très-différentes se succèdent sans ordre et sans rhythme. Les figures 6 et 7 donnent des exemples de ces seiches irrégulières.

[1] Ordinairement la série des seiches longitudinales dues à une seule impulsion est moins prolongée ; elle dure un jour, deux jours au plus ; c'est un cas tout à fait exceptionnel qui a fait prolonger l'oscillation pendant plus de quatre jours.

[2] F.-A. Forel, La formule des seiches, *Arch.*, t. LVII, p. 285. Essai monographique sur les seiches du Léman. *Arch.*, t. LIX, p. 55.

[3] F.-A. Forel, Limnimètre enregistreur de Morges. *Arch.*, t. LVI, pl. II, fig. 2 et 3.

La signification de ces oscillations irrégulières devient claire, lorsque, au lieu de s'attaquer aux extrêmes de complication, on s'adresse à des cas plus simples. J'ai déjà figuré ailleurs, et j'en donne aujourd'hui aux figures 3 et 4, deux nouveaux exemples, ces cas dans lesquels il y a évidemment interférence de deux mouvements seulement de seiches simples, une seconde oscillation alternant avec la première, mais ayant un moment de départ un peu différent. Si, au lieu de l'interférence de deux mouvements de seiches on veut en admettre trois, quatre ou plus, on trouvera facilement l'explication des irrégularités que je signale. Avec un peu d'habitude des tracés, l'on reconnaît bientôt sous l'apparente irrégularité des ondulations, le rhythme normal des seiches de 10 minutes.

L'amplitude des seiches tranversales est très variable ; elle varie à Morges et dans les observations dont je dispose. dans les limites de 0 à 124 millimètres. Les lois des variations de l'amplitude des seiches peuvent se formuler comme suit :

I. Les seiches qui se suivent se ressemblent ; elles sont normalement du même type. Elles forment ce que j'appelle une *série de seiches*. Chaque série dure plusieurs heures ; six ou huit heures au maximum. Elle peut être interrompue, compliquée ou éteinte par une autre série de seiches ; elle n'est jamais interrompue par une ou deux oscillations seulement d'un type différent. Jamais on ne rencontre une ou deux seiches isolées.

II. Dans une même série, l'amplitude des seiches va en décroissant, pour disparaître en mourant, c'est là ce

que nous avons déjà constaté à propos des seiches longitudinales.

III. La série de seiches commence subitement en présentant le maximum d'amplitude à la première oscillation. Cette loi est très évidente dans certains exemples que nous retrouverons plus loin, dans le cas des plus fortes seiches que j'aie observées.

IV. Les séries de seiches peuvent se succéder en étant séparées par des calmes plats ; ou bien elles peuvent empiéter les unes sur les autres en se superposant : dans le premier cas l'oscillation est d'un type simple ; dans le second cas elle peut être d'un type plus ou moins compliqué, suivant la nature de l'interférence, et le nombre des séries de seiches qui y participent. Lorsque deux séries de seiches se superposent, il peut arriver que :

a) Le moment de départ étant le même, ou bien la direction des mouvements coïncide, et alors les impulsions s'additionnant, l'amplitude des oscillations en est d'autant agrandie, ou bien le sens des mouvements est opposé, alors les deux impulsions se neutralisent et l'oscillation en est d'autant amoindrie.

b) Le moment du départ n'étant pas le même dans les deux séries de seiches, il en résulte la superposition de deux séries d'ondes qui interfèrent l'une avec l'autre.

Je résumerai ces quatre lois en les combinant ensemble. Chaque série de seiches est causée par une impulsion génératrice unique qui détermine sur le lac une première dénivellation, la plus forte ; celle-ci est suivie d'une suite d'oscillations décroissantes qui disparaissent sur les tracés, ou bien par atténuation excessive, ou bien parce qu'elles sont masquées par l'apparition de nouvelles séries de seiches. Suivant le nombre, la fréquence ou

l'intensité des impulsions, les séries de seiches se suivent ou se superposent, et les oscillations interférant les unes avec les autres, s'additionnent ou se neutralisent. De là, les différences que nous observons d'un jour à l'autre dans la simplicité ou la complication et dans l'amplitude des seiches.

La durée d'une série de seiches longitudinales sur le lac Léman peut s'élever à 2, 3 ou 4 jours, celle d'une série de seiches transversales à 6 ou 8 heures.

Nous avons là, d'une manière très évidente les caractères généraux de l'oscillation fixe sous l'influence d'une impulsion unique; ces faits qui peuvent se retrouver dans la vague de balancement de l'eau dans une cuvette, dans le mouvement pendulaire, dans la vibration d'une corde tendue ou d'une cloche, ces faits se constatent avec un peu d'étude et d'attention sur les tracés de l'enregistreur de Morges et sont une nouvelle démonstration de la théorie qui veut que les seiches soient des mouvements d'oscillation fixe uninodale des lacs.

Dans les études qui vont suivre nous chercherons pour chaque série de seiches une impulsion génératrice; plus les seiches seront compliquées, plus nombreuses seront les impulsions que nous aurons à trouver.

J'essaierai d'une autre manière de donner une idée des allures des seiches en décrivant d'une manière générale ce qui se passe habituellement à Morges.

Pendant une longue période, quelques jours, quelques semaines, les seiches sont très faibles, presque nulles; elles ne dépassent pas un centimètre d'amplitude; c'est

ce qu'on peut appeler un lac calme. A un moment donné, ce calme prend fin; des séries de seiches apparaissent, de un et deux centimètres d'amplitude initiale d'abord, de trois ou quatre centimètres ensuite; après quelques heures ou quelques jours, l'agitation du lac devient extrême et d'énormes seiches de 5, de 8, de 10 centimètres tourmentent la surface de l'eau. Cette période de maximum dépassée, le repos tend à revenir, mais lentement, graduellement; les impulsions qui produisent de nouvelles séries de seiches sont de plus en plus faibles, et après quelques jours le lac est revenu au calme que nous avons constaté avant la bourrasque.

Je donnerai un exemple de l'une de ces périodes de seiches, en choisissant celle du 18 au 24 août 1877.

J'indiquerai, heure par heure, l'amplitude des seiches exprimée en millimètres. (Voir tableau I, page 126.)

J'analyserai ce tableau comme suit : le 18 août 1877, pendant toute la journée et le 19 août jusqu'à 17 heures, le lac a été presque au calme plat, les seiches n'atteignant pas dix millimètres de hauteur; du 19 août à 18 heures, au 21 à 19 heures, les seiches ont été moyennes, ayant une valeur de 15 à 30 millimètres. Le 21 août à 20 heures est survenue tout à coup une série de seiches relativement énormes, débutant par 124 millimètres d'amplitude; puis d'autres séries avec amplitude initiale de 90^{mm} (22 août à 1 h.), de 80^{mm} (à 6 h.), de 65^{mm} (à 16 h.), de 60^{mm} (à 19 h.), etc. Cet état de fortes seiches a duré jusqu'au 23 août à 20 heures, où les seiches sont redescendues dans les limites de 10 à 15^{mm}, et le 24 août à 18 h., elles sont revenues au-dessous de 10 millimètres.

TABLEAU I.

Valeur horaire des seiches transversales du Léman.

18-24 août 1877.

Août 1877	18	19	20	21	22	23	24
heures.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
0	2	2	15	15	50	40	5
1	3	4	20	20	90	30	10
2	2	3	20	15	55	30	15
3	1	2	15	10	45	25	10
4	4	1	20	10	45	20	10
5	4	5	15	10	40	35	15
6	3	5	10	10	80	30	10
7	3	5	10	15	70	30	10
8	3	9	15	15	65	30	10
9	3	10	15	15	40	60	8
10	2	8	20	15	35	70	6
11	4	6	30	30	30	90	10
12	4	5	25	30	35	70	10
13	2	4	15	25	50	65	10
14	1	8	15	25	35	70	10
15	3	7	10	20	45	75	10
16	3	4	25	20	65	50	10
17	2	8	30	20	55	40	10
18	3	20	25	25	45	30	8
19	2	15	25	20	60	20	6
20	3	12	20	125	50	15	5
21	2	30	15	85	40	15	5
22	2	25	15	70	40	10	4
23	1	20	15	70	50	8	5

Cet exemple donnera, je l'espère, une bonne idée des allures des seiches dans une de ces périodes que je viens de décrire.

Une autre manière de faire connaître les allures des seiches est celle que j'ai mise en jeu dans le tableau II. J'y donne jour par jour[1] la valeur des seiches exprimée en millimètres et calculée en prenant la moyenne des 24 valeurs horaires[2].

[1] Je désigne en les marquant d'un astérisque les jours dans lesquels pour une raison ou pour une autre, les tracés sont plus ou moins incomplets.

[2] Mes chiffres sont un peu trop forts; cela provient de la manière dont le calcul a été fait. Au lieu de prendre les mesures horaires en millimètres, je les ai évaluées en centimètres, en marquant toujours le chiffre supérieur à la hauteur effective. J'ai désigné par le chiffre 2 toutes les Seiches dont la valeur ne dépassait pas deux centimètres, par le chiffre 3 toutes les Seiches dont l'amplitude ne dépassait pas trois centimètres, etc. Il en résulte qu'il y a dans mes chiffres une erreur en plus d'environ 5 millimètres pour les valeurs qui dépassent 10 centimètres. Pour celles qui sont inférieures, l'erreur est moindre; j'ai en effet désigné par le chiffre 0.5, les valeurs horaires des seiches n'atteignant pas un demi-centimètre. Quoi qu'il en soit, la notation étant la même d'un bout à l'autre du tableau, ces chiffres sont comparables entre eux, ce qui est la seule chose utile.

Je donnerai une idée de l'erreur commise, en mettant en parallèle, pour la période du 18 au 24 août 1877, les chiffres obtenus par la notation que je viens de décrire et ceux que m'a donné la mensuration plus exacte du tableau I.

Aout 1877	Tableau I	Tableau II
18	3^{mm}	7^{mm}
19	9	14
20	18	22
21	30	32
22	51	56
23	40	46
24	9	12

TABLEAU II.

Valeur journalière des seiches transversales du Léman.

	1876										1877											
	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1	—	* 9	6	* 0	* 4	6	5	* 8	10	15	21	10	10	11	3	22	4	7	16	2	—	10
2	—	* 5	5	3	2	5	7	* 8	9	15	18	10	11	11	6	7	5	8	11	3	—	*12
3	—	* 1	8	6	1	6	8	* 9	10	20	17	10	8	32	8	10	11	9	13	1	—	21
4	—	1	11	7	1	5	10	*11	13	*26	24	10	5	36	7	5	13	9	* 5	1	—	15
5	—	1	15	5	5	3	10	*23	10	22	12	6	7	*12	7	12	19	10	* 4	1	—	* 8
6	—	9	2	2	4	7	15	9	11	17	12	10	3	11	2	25	23	7	12	2	—	*17
7	—	7	0	7	8	1	19	7	10	34	18	9	3	10	2	4	7	7	13	9	—	24
8	—	* 2	9	*15	13	1	20	8	7	*12	15	10	3	11	2	4	10	17	30	18	—	21
9	—	2	8	12	3	2	4	10	—	10	11	7	2	21	8	4	6	8	14	7	—	* 8
10	—	8	0	20	5	3	5	26	—	7	15	7	4	8	9	5	8	7	7	5	—	* 9
11	—	22	6	*10	8	0	5	*16	—	8	10	10	6	2	*21	5	12	8	5	9	—	10
12	—	34	12	8	2	1	1	*10	—	12	9	10	10	5	*21	5	20	7	8	12	—	12
13	—	9	* 8	3	2	1	12	7	—	12	10	11	15	5	11	6	16	9	8	12	—	*15
14	—	15	9	4	* 1	4	3	7	—	19	10	10	11	5	24	8	14	22	5	10	—	*11
15	—	28	4	5	* 0	4	4	8	—	10	7	9	8	* 5	5	6	17	7	4	9	—	11
16	—	37	5	7	* 0	3	11	7	—	9	5	9	7	10	12	1	12	10	2	12	—	14
17	—	25	6	* 5	1	4	17	9	* 5	* 7	7	* 8	8	8	11	5	9	7	2	—	—	12
18	—	8	3	1	3	8	12	*10	7	10	10	9	12	* 5	6	11	9	7	1	—	—	18
19	—	32	3	0	6	14	9	*10	12	9	12	9	24	4	4	5	12	14	3	—	—	10
20	*2	30	5	4	3	*16	11	* 6	6	*23	11	4	*20	3	3	6	6	22	4	—	—	19
21	* 0	15	6	5	2	13	5	8	3	*12	6	4	—	11	2	5	8	32	12	—	—	10
22	*17	9	3	7	1	32	3	* 6	5	*10	3	2	12	21	4	12	10	56	13	—	—	11
23	10	17	* 7	* 2	4	6	7	7	6	*11	11	2	6	11	7	6	9	46	1	—	—	*10
24	*11	19	8	—	26	16	12	* 9	*12	* 6	12	6	9	7	7	4	17	12	3	—	—	11
25	19	7	11	* 2	9	5	13	4	*12	* 1	12	7	22	10	1	4	10	14	4	—	—	9
26	* 5	10	3	2	3	2	*10	4	12	* 9	10	11	14	6	2	3	10	10	1	—	17	*14
27	23	11	3	2	8	7	*10	6	17	19	8	7	15	7	3	5	10	9	1	—	22	* 8
28	30	22	6	2	5	8	29	8	7	17	12	9	13	6	12	3	11	3	7	—	7	15
29	16	22	5	3	3	10	13	* 7	10	18	13		11	7	20	2	8	4	7	—	24	10
30	6	14	4	6	4	9	31	*12	13	25	10		12	1	24	5	3	8	5	—	*12	*10
31	7		5		10	25		10		26	11		10		33		2	16		—		*12
Moy	*12	14	6	5	5	7	11	9	* 9	15	11	8	10	10	9	7	11	12	7	* 7	*16	13

Le minimum d'intensité des seiches a été
0mm les 21 mars 1876, 7 mai, 1-19 juin, 15-16 juillet, etc.

Le maximum 56mm le 22 août 1877,
viennent ensuite 46mm 23 août 1877,
32mm 22 août 1876, etc.

Si je prends la moyenne des valeurs journalières, j'obtiens les valeurs mensuelles qui suivent :

TABLEAU III.

Moyennes mensuelles des seiches.

	1876	1877	Moyennes	Moyennes trimestrielles
	mm	mm	mm	mm
Janvier	—	11	11	11,0
Février	—	8	8	
Mars	*12	10	*11	
Avril	14	10	11	9,8
Mai	6	9	7,5	
Juin	5	7	6	
Juillet	5	11	8	8,0
Août	7	13	10	
Septembre	11	7	9	
Octobre	9	*7	*8	9,8
Novembre	*9	*16	*12.5	
Décembre	15	13	14	

D'après ce tableau III, les périodes de plus grande activité des seiches ont été les mois de novembre 1877, décembre 1876, avril 1876, les périodes les plus calmes, les mois de juin, juillet et mai 1876.

Si je prends la moyenne de ces deux années, je classerai comme suit les mois au point de vue de l'intensité des seiches, en allant du plus agité au plus calme :

Décembre, novembre, janvier, mars, avril, août, septembre, février, juillet, octobre, mai, juin.

Si je les groupe en saisons trimestrielles (décembre allant avec janvier à février), j'ai la série suivante :

Hiver	$11^{mm},0$
Printemps	9,8
Été	8,0
Automne	9,8

L'hiver étant la saison de plus forte intensité, l'été celle de moindre intensité.

Je m'arrête ici dans cette étude; j'aurai du reste à revenir assez souvent dans les chapitres suivants sur les allures des seiches pour que je puisse espérer que, avant la fin de ce mémoire, le lecteur aie une suffisante idée des particularités de ce phénomène.

De cette étude générale sur les allures des seiches, il résulte qu'il y a de grandes différences d'un jour à l'autre dans le nombre et dans l'intensité des impulsions génératrices des séries de seiches; qu'il est des périodes pouvant durer des jours, des semaines, des mois même, pendant lesquelles les impulsions sont rares et faibles; qu'il est des périodes au contraire pendant lesquelles les impulsions se succèdent rapidement et ont une intensité relativement très puissante. D'après cela, si nous voulons rechercher la cause des seiches, nous devons étudier quelles sont les circonstances météorologiques qui caractérisent les périodes à fortes seiches en opposition aux périodes où les seiches sont faibles, et l'analyse détaillée de ces circonstances, nous amènera à la cause ou aux causes effectives de ces mouvements.

Chapitre II

Considérations générales sur les causes des seiches.

J'ai exposé, au commencement de ma première étude sur les seiches, les différentes théories proposées pour expliquer le phénomène [1]. Fatio de Duillier les attribuait à l'arrêt des eaux du Rhône sur le Banc-du-Travers près de Genève par les coups de vent du Midi [2]. Addison et Jallabert y voyaient l'effet des crues subites des rivières; le premier reconnaissait « une espèce de flux et reflux causé par la fonte des neiges qui y tombent l'après-midi en plus grande quantité qu'en d'autres heures du jour; » pour le second, « les eaux du Rhône (au Bouveret) s'élèvent sur les rives, de part et d'autre, retombent ensuite par leur propre poids devenu supérieur à l'action des eaux du Rhône contre elles, et reprennent le niveau du reste du lac; comme l'impétuosité du Rhône ainsi enflé subsiste un certain temps, il doit résulter de son action sur les eaux du lac, et de la réaction de celles-ci, un flux et reflux qui se succèdent à peu près comme les allées et venues d'un pendule. » Une explication analogue rend compte, d'après Jallabert, de la production des seiches à Genève par l'action des crues de l'Arve [3]. Bertrand [4] supposait que des nuées électriques peuvent attirer ou soulever les eaux du lac. H.-B. de Saussure admettait que des variations promptes et locales de la pesanteur de l'air peuvent pro-

[1] Première étude sur les Seiches, p. 1, sq. *Bull.* XII, 213.

[2] Remarques sur l'hist. nat. du lac de Genève, dans l'*Histoire de Genève* par Spon. Genève, 1730, II, p. 463.

[3] *Hist. Acad. royale des Sc.* pour l'année 1742. Paris, p. 26 et 28.

[4] Cité par Saussure et Vaucher.

duire des flux et reflux momentanés en occasionnant des pressions inégales sur les différentes parties du lac[1]. Vaucher se rangeait à cette dernière opinion et la développait en l'appuyant sur de très ingénieuses considérations et d'excellentes observations[2]. Arago, enfin, après avoir établi que les seiches peuvent avoir des causes diverses, signalait dans la mer des oscillations analogues aux seiches et coïncidant avec des tremblements de terre[3].

Je crois les théories de Bertrand, Saussure, Vaucher et Arago, exactes. Mais, comme depuis la publication du mémoire de Vaucher, le seul auteur qui ait traité cette question avec un peu de développements, nos idées sur les seiches se sont notablement modifiées par l'introduction de la notion du mouvement oscillatoire régulier et rhythmique de l'eau, il y a lieu de reprendre la question et de l'appuyer sur des considérations nouvelles. Il y a, du reste, d'autres causes possibles et probables, non indiquées par les auteurs, et nous aurons à exposer et à développer ces nouvelles théories.

Nous regardons les seiches comme étant des vagues d'oscillation fixe de l'eau qui balance suivant les diamètres principaux du lac.

Or, si nous voulons mettre en mouvement de balancement l'eau d'une cuvette, nous y arrivons par deux procédés différents : ou bien en laissant le bassin immobile et en donnant un choc à l'eau elle-même, ou bien en nous

[1] H.-B. de Saussure, Essai sur l'hist. nat. des environs de Genève. *Voyages dans les Alpes*. Neuchâtel, 1779, I, 14.

[2] J.-P.-E. Vaucher, Mémoire sur les Seiches du lac de Genève. *Mém. Soc. Phys. de Genève*, t. VI, p. 35, sq.

[3] F. Arago, Sur les phénomènes de la Mer. *Œuvres complètes*, IX, 580, Paris, 1857.

attaquant au bassin et en lui imprimant un choc convenable.

De même pour les plus grandes masses d'eau de nos lacs ; elles peuvent être mises en mouvement par une secousse communiquée directement à l'eau, ou bien par une secousse du bassin même du lac dont l'ébranlement se transmet à l'eau.

Les actions qui peuvent donner directement à l'eau l'impulsion génératrice d'un mouvement de balancement doivent être cherchées dans l'atmosphère, variations de la pression, rupture de l'attraction électrique, coup de vent, etc., etc.

Les actions qui ébranlent le bassin du lac et qui ne transmettent qu'indirectement le mouvement à l'eau sont les secousses de tremblement de terre.

Pour éviter un double développement des mêmes points et pour simplifier la description, je réunis dans les paragraphes suivants la critique théorique et la discussion expérimentale des divers faits qui se rapportent à ces deux ordres d'action.

Mais avant d'entrer en matière, j'insiste sur un point qui est trop souvent négligé ou mal compris, c'est que, comme l'a très bien dit Arago, il n'y a pas nécessairement une seule cause des seiches, qu'il y en a probablement plusieurs. La seiche étant un mouvement d'oscillation de balancement de l'eau, toute cause capable de déterminer ce mouvement particulier de l'eau occasionnera des seiches dans des conditions favorables. De même que les vagues ordinaires, les vagues d'oscillation progressive peuvent être déterminées sur l'eau par le vent, par la progression d'un bateau, par la chute de la pluie, de la grêle, d'une pierre,

etc., de même les seiches peuvent avoir des causes diverses et multiples. Parce que dans les paragraphes suivants j'énoncerai la possibilité et la probabilité de certaines causes, je n'entends point dire qu'elles soient les seules agissantes, et je n'ai point la prétention d'avoir épuisé la série des possibilités.

Chapitre III

La cause des seiches cherchée dans les perturbations atmosphériques.

Je réunis sous ce titre les diverses actions qui peuvent mettre l'eau en mouvement par suite d'une impulsion portée directement sur elle; c'est dans l'atmosphère en effet que se développent les principales et les plus puissantes de ces causes.

Quelle action peut donner à l'eau l'impulsion première d'un mouvement d'oscillation de balancement? Quelle est, parmi les diverses actions qui sont en jeu sur nos lacs, la cause de l'impulsion génératrice des séries de seiches? Y a-t-il plusieurs causes possibles? La considération théorique des phénomènes qui peuvent intervenir nous montre les possibilités et probabilités suivantes; nous les discuterons en nous fondant sur l'expérience et l'observation.

I

Des mouvements spontanés de l'eau des lacs sont impossibles.

II

L'apport d'une grande masse d'eau par les affluents du lac, ou l'ouverture des barrages qui ferment l'émissaire,

ne pourraient déterminer de mouvement appréciable que dans un très petit étang; encore faudrait-il que ces actions fussent assez subites pour qu'il y ait impulsion, choc, secousse.

III

Les phénomènes caloriques qui agissent inégalement sur les différentes parties du lac, échauffement par l'action du soleil, refroidissement par contact ou par rayonnement, déterminent tout au plus des courants très faibles, purement locaux, sans effet mécanique général.

IV

L'attraction des nuées chargées d'électricité peut soulever l'eau à l'une des extrémités du lac (théorie de Bertrand, appuyée par H.-B. de Saussure); puis la décharge de la foudre, supprimant subitement une partie de force attractive, laisse retomber l'eau.

Nous ne pouvons pas, que je le sache, apprécier la valeur effective d'une attraction de cette nature; mais il n'y a pas d'impossibilité à ce que les choses se passent ainsi. Nous pouvons admettre que ces deux corps mobiles, la surface liquide du lac et le nuage, chargés l'un et l'autre d'électricité, s'attirent réciproquement; qu'au moment où la foudre opère la neutralisation des électricités de signes contraire, cette action d'attraction cessant, l'eau retombe subitement; qu'il peut en résulter l'impulsion génératrice d'une série de seiches. Voici ce que la théorie peut admettre.

Les seiches constatées sur le lac, ou mieux, certaines seiches constatées sur le lac, sont-elles dues à cette cause? Voilà la question posée à l'observation.

En étudiant à ce point de vue mes tracés je trouve, en premier lieu, qu'il y a parfois des orages électriques sans seiches, et fort souvent des seiches sans qu'il y ait orage électrique ; j'en conclus qu'il n'y a aucune relation nécessaire entre les deux phénomènes.

En second lieu, je remarque que les seiches observées en temps d'orage électrique ne présentent pas le type caractéristique qu'elles devraient avoir si la rupture de l'attraction électrique était la cause de ces séries de seiches; en effet, si la théorie que je viens d'exposer est exacte, à chaque coup de foudre devrait correspondre une impulsion génératrice de seiches, à chaque coup de foudre devrait commencer une série de seiches. Les seiches, simples au premier coup de foudre, devraient par conséquent se compliquer à chaque éclair, et toutes ces séries de seiches interférant successivement les unes sur les autres, le tracé devrait présenter un type tout à fait remarquable et caractéristique.

Or ce type de seiches ne se retrouve nullement d'une manière constante en temps d'orage ; j'en conclus que si, comme je ne me refuse pas à l'admettre, la théorie de Bertrand est exacte, l'action qu'elle suppose est très faible, qu'elle se traduit par des oscillations n'atteignant peut-être que des fractions de millimètre, et qui disparaissent au milieu des énormes seiches qui, en temps d'orage, tourmentent le lac.

Jusqu'à nouvel avis je ne compterais donc pas la rupture de l'attraction électrique parmi les causes efficaces et actives de la production des seiches.

V

Dans certains lacs favorablement situés l'avalanche de

neige peut être parfois la cause de Seiches puissantes. Quiconque a vu, dans les montagnes, des forêts entières renversées par « le vent de l'avalanche, » admettra la puissance de cette effrayante perturbation locale de l'atmosphère. Je n'ai pas d'exemples à citer de seiches produites par cette cause.

VI

Je ne parle que pour mémoire de la production des seiches par l'éboulement d'une montagne ; c'est un phénomène tellement rare, qu'il ne peut être compté comme cause normale des seiches, mais il est incontestable qu'il est au nombre des causes possibles.

L'éboulement de la montagne peut être la cause de mouvements du lac de deux manières, ou bien par la chute même de la montagne dans le lac, ou bien par l'ébranlement de l'air, par le coup de vent, analogue au vent de l'avalanche, causé par un éboulement dans le voisinage du lac.

La description suivante d'un épisode de l'éboulement du Rossberg, le 2 septembre 1806, est une preuve directe de la réalité de cette action. « Les débris du rocher se portèrent jusqu'au lac de Lowerz et ils en comblèrent l'extrémité occidentale. Les effets de cette chute sur le lac furent prodigieux; les eaux s'élevèrent avec un mouvement semblable à celui qu'excite la tempête jusqu'à la hauteur de 60 à 70 pieds du côté de Seewen, village situé à l'autre extrémité du lac[1]. » La relation officielle de la catastrophe évalue à 150 pieds la hauteur de la vague qui, après avoir traversé le lac de Lowerz, alla battre la

[1] Lutz, *Dictionnaire historique de la Suisse*, 1811.

côte de Seewen[1]. « La petite île du lac a été entièrement couverte par les flots, et la grande île jusqu'à la hauteur du clocher de l'ermitage. On trouva dans le village de Steinen[2] des poissons vivants qui y avaient été jetés par les vagues[3]. »

M. E. de Vallière attribue à une vague de ce genre les ravages causés sur les bords du lac Léman, et jusqu'à Genève par l'éboulement du Tauretunum, en Valais, en l'an 563[4].

Qu'une première vague de cette nature soit suivie dans un bassin fermé d'oscillations successives, de vagues de balancement, de seiches, cela n'a pas besoin d'autre démonstration.

VII

La cause des seiches est généralement cherchée dans les variations de la pression atmosphérique. C'est la théorie de H.-B. de Saussure, adoptée par Vaucher ; nous allons la discuter attentivement.

La surface du lac est toujours, et en tout point, normale à la résultante des forces qui agissent sur ce point : attraction générale de la terre, attraction des masses de montagnes au-dessus de l'eau, et des couches de la terre inégalement denses au-dessous, force centrifuge suite de la rotation de la terre sur son axe, pente du lac due à l'excès d'eau du côté des affluents et à la sortie de l'eau par l'émissaire, enfin vents et pression atmosphérique.

[1] *Relation officielle de la destruction de la vallée d'Arth*, p. 5.

[2] A 33 mètres au-dessus du lac, d'après la carte fédérale suisse.

[3] *Relation succincte de l'écroulement de la montagne au-dessus de Goldau.* Zurich, 1806, p. 5.

[4] E. de Vallière, Quelques mots sur la chute de Tauretunum. *Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.*, XIV, 437.

La résultante de ces forces agissant sur chaque point détermine l'état d'équilibre de la surface du lac. La plupart de ces actions sont constantes et invariables; de leur fait la surface du lac resterait toujours immobile. La pression atmosphérique et les vents seuls sont variables. Laissons pour le moment de côté la question des vents et ne nous occupons que de la pression atmosphérique.

Au point de vue qui nous intéresse elle peut varier de deux manières :

a) en augmentant ou en diminuant uniformément sur tout le lac; dans ce cas il n'y a pas changement dans l'état d'équilibre de la surface;

b) en augmentant ou en diminuant localement, en variant plus dans une région que dans une autre, en augmentant dans une région tout en diminuant dans une autre; dans ces cas la surface d'équilibre est modifiée : la région dans laquelle la pression est la plus forte s'affaisse; celle où la pression est la plus faible s'élève. Il y a dénivellation.

Or cette dénivellation peut être lente ou subite, suivant la rapidité plus ou moins grande de la variation de la pression. Dans le cas d'une rupture subite de l'état d'équilibre atmosphérique, il peut y avoir dénivellation subite, par suite impulsion active, déterminant la première oscillation d'une série de seiches.

Il y a donc lieu d'étudier les seiches dans leurs rapports avec les variations de la pression atmosphérique, et je décomposerai cette recherche dans les points suivants:

A. *Les seiches et la hauteur du baromètre.* Quelles

sont les relations entre l'amplitude des seiches[1] et la hauteur du baromètre? Pour répondre à cette question j'ai fait le travail suivant : Sur les tracés du limnimètre de Morges, du 20 mars au 31 août 1876, soit pendant 165 jours, j'ai mesuré pour chaque heure la valeur des seiches apréciée en millimètres; j'ai réuni ces chiffres par groupes de six heures, de minuit à 6 heures, de 6 à 12 heures, etc., et j'en ai pris la moyenne. D'un autre côté j'ai pris les observations barométriques journalières de l'Observatoire de Lausanne, où les lectures se font à 7 h., 13 h. et 21 h.; par interpolation j'en ai déduit pour chaque jour la hauteur aux heures de minuit, 6, 12 et 18 heures. J'ai obtenu ainsi deux séries de chiffres parallèles, exprimant pour chaque période de six heures la hauteur du baromètre et l'amplitude des seiches. Cela fait, j'ai ordonné les chiffres de l'amplitude des seiches suivant la hauteur du baromètre et j'ai obtenu le tableau suivant :

[1] Il est une étude que j'aurais désiré pouvoir faire, c'est de rechercher le nombre des impulsions génératrices des seiches, ou ce qui revient au même, le nombre des séries de seiches. Mais ces séries n'apparaissent pas le plus souvent d'une manière assez distincte sur les tracés, pour que cette étude soit possible, avec les documents que nous possédons actuellement.

Tableau IV

Amplitude des seiches et hauteur du baromètre.

Baromètre.	Nombre d'observations.	Amplitude des seiches.	Moyenne d'amplitude.	Baromètre.	Nombre d'observations.	Amplitude des seiches.	Moyenne d'amplitude.
mm		mm	mm	mm		mm	mm
724	1	10		712	33	9	12
23	14	3		11	28	19	
22	29	4		10	30	17	
21	39	5	4	709	16	11	
20	47	4		8	4	15	
719	71	4		7	10	18	18
18	85	7		6	11	20	
17	64	14	8	5	7	25	
16	36	7		4	—	—	
15	39	7		3	2	22	
14	38	7		2	2	7	
13	26	8		1	1	10	

Dans la dernière colonne j'ai tiré les moyennes de l'amplitude des seiches, en groupant les valeurs par séries de 5 en 5 millimètres de hauteur du baromètre; j'ai laissé de côté les extrêmes de 724, 701, 702 et 705^{mm}, pour lesquelles j'ai trop peu d'observations.

De 705 à 709^{mm}	du baromètre	18^{mm}	d'amplitude des seiches
710 à 714	»	12	»
715 à 719	»	8	»
720 à 723	»	4	»

Considérés ainsi, ces chiffres laissent voir une loi très bien évidente, c'est que l'amplitude des seiches est d'autant plus forte que le baromètre est plus bas. Mais si l'on n'étudiait ces chiffres que sous la forme de résumé et de

moyennes, l'on prendrait une idée très fausse des allures du phénomène ; en effet, cette loi, très apparente dans les moyennes, échappe très souvent dans les observations isolées, elle a un nombre énorme d'exceptions.

On peut déjà se rendre compte de cela dans le tableau IV, en considérant les hauteurs extrêmes du baromètre ; le baromètre le plus bas, par 701^{mm}, a donné la même valeur pour l'amplitude des seiches, 10^{mm}, que le baromètre le plus élevé, par 724 millimètres.

Voici du reste, pour mieux montrer ces allures des seiches, quelques chiffres donnant en millimètres l'amplitude des seiches dans trois séries de moyennes de six heures, correspondant à trois hauteurs de baromètre.

Baromètre.	Amplitude des seiches.
720^{mm}	0. 7. 8. 8. 2. 0. 5. 17. 7. 2. 8. 5. 3. 7. 2. 2. 3. 2. 3. 2. 0. 2. etc.
715	12. 20. 12. 8. 25. 18. 2. 3. 10. 0. 0. 8. 2. 10. 7. 10. 2. 1. 8. 1. etc.
710	12. 12. 10. 12. 20. 12. 32. 33. 47. 28. 10. 2. 27. 30. 15. 4. etc.

Comme on le voit, les exceptions ou les irrégularités sont très nombreuses et souvent très choquantes. Il convient donc de formuler notre loi dans les termes les plus vagues, et de dire : *D'une manière générale l'amplitude des seiches a une tendance marquée à être plus forte quand le baromètre est bas que quand il est haut.*

B. *Les Seiches et les variations de hauteur du baromètre.* Les Seiches sont-elles plus fortes ou moins fortes quand le baromètre est immobile que quand il varie en hausse ou en baisse ; sont-elles plus fortes quand il varie en hausse ou quand il varie en baisse ?

Pour répondre à ces questions, j'ai utilisé les deux séries de chiffres que j'ai obtenues dans l'alinéa précédent. Prenant les hauteurs de baromètre trouvées par interpolation pour les quatre heures équidistantes de la

journée, j'ai fait la différence entre les deux valeurs successives, et j'ai eu ainsi, pour chaque période de six heures, le signe et la valeur de la variation du baromètre en dixièmes de millimètre de mercure. J'ai alors ordonné la valeur de l'amplitude moyenne des seiches des différentes périodes de six heures, d'après la variation du baromètre, et j'ai obtenu le tableau suivant :

Tableau V.

Amplitude des seiches et variations du baromètre.

Variation barométrique.	Nombre d'observations.	Amplitude des seiches.	Moyenne d'amplitude.	Variation barométrique.	Nombre d'observations.	Amplitude des seiches.	Moyenne d'amplitude.	Variation barométrique.	Nombre d'observations.	Amplitude des seiches.	Moyenne d'amplitude.
mm		mm	mm	mm		mm	mm	mm		mm	mm
+3.3	1	7	4	+0.9	15	11		−0.9	14	4	
3.1	1	2		0.8	11	11	9	1.0	16	8	
2.8	1	3	4	0.7	14	5		1.1	14	8	
2.7	1	5		0.6	17	10		1.2	14	10	
2.3	2	12		0.5	32	8		1.3	11	12	9
2.2	4	6	8	0.4	29	10		1.4	5	11	
2.1	2	7		0.3	33	9	8	1.5	5	6	
2.0	1	5		0.2	26	6		1.6	2	7	
1.9	5	9		0.1	38	8		1.7	3	12	
1.8	5	12	6	±0.0	32	10	10	1.8	4	7	12
1.7	6	11		−0.1	31	8		1.9	2	22	
1.6	5	7		0.2	23	3		2.0	5	11	
1.5	6	12		0.3	27	9	7	2.1	4	11	
1.4	6	5		0.4	26	7		2.2	1	10	9
1.3	6	5	7	0.5	28	6		2.3	2	6	
1.2	10	8		0.6	21	11		2.5	1	8	
1.1	11	6		0.7	23	6	7	2.6	1	8	13
1.0	18	9		0.8	17	6		2.9	1	18	

Reprenons les moyennes du tableau V.

Variation du baromètre.	Amplitude des seiches.	
mm	mm	
+ 3.1 à + 3.5	4	
+ 2.6 à + 3 0	4	
+ 2.1 à + 2.5	8	
+ 1.6 à + 2.0	6	7
+ 1.1 à + 1.5	7	
+ 0.6 à + 1.0	9	
+ 0.1 à + 0.5	8	
± 0.0	10	10
— 0.1 à — 0.5	7	
— 0.6 à — 1.0	7	
— 1.1 à — 1.5	9	
— 1.6 à — 2.0	12	9.5
— 2 1 à — 2.5	9	
— 2.6 à — 3.0	13	

Ces chiffres varient bien peu dans les moyennes. Quant aux observations isolées, il y a encore bien plus de divergences que nous ne l'avons vu quand nous avons ordonné l'amplitude des seiches d'après la hauteur absolue du baromètre. Voici du reste un exemple choisi dans la série où la variation du baromètre dans la période de six heures a été de + 0^{mm},1. L'amplitude des seiches dans les différentes périodes de six heures a été en millimètres de :

8, 2, 0, 2, 7, 10, 13, 2, 2, 3, 20, 67, 17, etc.

Quant aux moyennes, si on voulait essayer d'interpréter leur signification, voici le résultat auquel on arriverait :

L'amplitude des seiches serait plus forte quand le baromètre reste immobile que quand il varie. L'amplitude des seiches serait plus forte quand le baromètre baisse que quand il monte.

Mais ces conclusions positives ne me semblent pas

autorisées par les chiffres que je viens de donner. J'estime que la variation des moyennes est trop peu considérable, que le sens même de cette variation est trop peu accentué, pour justifier une conclusion de cette nature. En revanche, je crois pouvoir en tirer une conclusion négative, qui a une certaine importance en ce qu'elle réfute une idée très généralement répandue; je la formulerai en ces termes : L'amplitude des seiches n'est pas plus forte lorsque le baromètre varie en s'élevant ou en s'abaissant que lorsqu'il reste immobile.

Autrement dit : *L'amplitude des seiches est sans relations nécessaires et constantes avec les variations de hauteur du baromètre.*

C. *Les seiches et les variations locales du baromètre.* Nous venons de voir que les variations générales de la pression atmosphérique sont sans relations nécessaires avec l'amplitude des seiches; que le baromètre peut s'élever, s'abaisser, ou rester stationnaire sans qu'il en résulte nécessairement augmentation ou diminution de la hauteur des seiches.

Mais les variations locales, celles auxquelles faisait allusion H.-B. de Saussure, quand il disait : « que des variations promptes et locales dans la pesanteur de l'air peuvent contribuer au phénomène des seiches et produire des flux et des reflux momentanés, en occasionnant des pressions inégales sur les différentes parties du lac[1] ; » ces variations locales qu'admettait Vaucher, peut-on les mettre en évidence et constater leurs relations avec les seiches?

[1] Essai sur l'hist. nat. des environs de Genève. *Voyages dans les Alpes*, I, 14. Neuchâtel, 1779.

C'est ce qu'ont tenté, de 1854 à 1856, MM. F. Burnier, Ch. Dufour et A. Yersin de Morges, qui avaient organisé un système d'observations simultanées, soit des seiches, soit du baromètre, avec MM. E. Plantamour et Bruderer de l'Observatoire de Genève, J. Veret à Nyon, J. Gay à Lausanne, J.-B. Schnetzler à Vevey. J'ai entre les mains les observations de cette série, mais j'avoue ne pas savoir en tirer parti ; je n'arrive pas à constater des rapports utiles entre les variations différentielles très faibles des diverses stations. Il y a bien des différences dans les allures des divers baromètres; une construction graphique des lectures du 1er avril 1854, la plus complète des observations de cette collection, montre bien un certain défaut de parallélisme entre la marche de la pression aux diverses stations des bords du lac ; mais ces différences, qui portent sur des dixièmes de millimètre de mercure seulement, sont trop faibles et trop indistinctes pour que j'ose me baser sur elles dans le raisonnement actuel.

Du reste, en m'appuyant sur l'expérience acquise depuis cette époque, j'estime qu'une étude de cette nature ne pourrait être faite avec fruit qu'à l'aide d'appareils enregistreurs très sensibles, limnimètres enregistreurs notant automatiquement l'intensité comparative des seiches et le moment précis du début de chaque série ; baromètres enregistreurs notant dans diverses stations autour du lac les variations de la pression atmosphérique. La première série de ces instruments est très suffisamment représentée par les limnimètres enregistreurs de Morges et de Sécheron, et par celui que fait établir à la Tour-de-Peilz, près Vevey, M. E. Sarasin, de Genève; le limnographe portatif que j'ai fait récemment construire,

pourra servir à compléter les observations de cet ordre. Quand aurons-nous à notre disposition trois ou quatre baromètres enregistreurs fonctionnant parallèlement, à Genève, Morges, Évian et Vevey?

Mais si nous ne possédons pas encore au bord de notre lac ces baromètres enregistreurs qui nous seraient si fort utiles, tout au moins en avons-nous ailleurs, et pouvons-nous étudier par leur moyen, les allures de la pression atmosphérique.

Grâce à l'aimable obligeance de M. A. Forster, j'ai pu étudier les tracés du baromètre enregistreur de Berne. J'ai été frappé en les parcourant du petit nombre et du peu d'intensité des variations brusques de la pression. Les tracés sont, il est vrai, discontinus, et n'indiquent que par des points isolés la hauteur marquée automatiquement chaque dix minutes; puis, la vitesse de déroulement du papier est un peu rapide, ce qui fait que les oscillations du baromètre s'y montrent très étendues et sont peu apparentes. Quoi qu'il en soit, ces tracés font bien voir les variations plus ou moins rapides, mais progressives, que nous observons sur nos baromètres à mercure; mais ils montrent très rarement des variations brusques et subites. Dans les tracés que j'ai parcourus, je n'ai trouvé qu'une seule fois, entre deux points successifs (séparés par 10 minutes de temps), un saut de 2^{mm} de hauteur, le 31 mai 1877, de 6 h. 0 à 6 h. 10 matin[1]. L'appareil amplifiant

[1] Voici ce que je trouve pour ce jour-là dans mes notes personnelles : « 31 mai 1878, 7 heures matin, calme plat, pluie. Les très fortes seiches de la matinée (8 centimètres d'amplitude) ne coïncident pas avec un orage, mais avec un état de variation avec grandes saccades du baromètre, d'après l'observation de M. Ch. Dufour. Le soir grand calme, grand beau. »

la hauteur du mouvement d'environ trois fois, la chute du baromètre avait été de 0,6 à 0,7 millimètres de mercure, D'après ce que j'ai vu sur les tracés de M. Forster, c'est là un fait très rare à Berne.

Je me suis ensuite adressé à la meilleure source d'informations que je pouvais trouver actuellement, à savoir à la double série d'observations barométriques de l'observatoire de Clermont-Ferrand. J'ai obtenu de M. Alluard, le créateur et le directeur de ce magnifique établissement, la permission d'aller consulter ses matériaux, et, les 5, 6 et 7 mai 1878, j'ai été les étudier sur place. Grâce à l'aimable obligeance de M. Alluard et de son premier assistant, M. Plumandon, voici ce que j'ai reconnu dans les allures du baromètre, quant à leurs rapports possibles avec les seiches.

On sait que l'observatoire de Clermont-Ferrand comprend deux stations, l'une située dans un faubourg de la ville (station de la plaine, station de Rabanesse), à une altitude de 388^{m}, l'autre, la station de la montagne, située au sommet du Puy-de-Dôme, à 1465^{m} d'altitude; ces deux stations sont distantes l'une de l'autre, en altitude de 1077 mètres, en ligne horizontale de 12 kilomètres. Dans les deux stations sont installés des baromètres enregistreurs, système Redier, qui donnent les variations de la pression avec une amplification de 5 fois, et une vitesse de déroulement des tracés de 4^{mm} par heure. La sensibilité de ces beaux appareils est exquise, et leur marche ne laisse le plus souvent rien à critiquer[1]. M. Alluard a

[1] Je regrette seulement pour l'étude que j'avais en vue, que la vitesse de l'enregistrement soit si lente. Il est une foule de détails

publié dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*[1] un exemple de ces tracés, dans lequel il a superposé les deux courbes du Puy-de-Dôme et de Clermont-Ferrand; on peut constater sur ce cliché les principaux détails dont je vais parler.

a) Les variations subites de la hauteur du baromètre ne peuvent que difficilement se différencier des variations plus lentes sur les tracés de l'enregistreur Redier, la vitesse de déroulement du papier étant trop faible. Cependant, une étude attentive des tracés prouve bientôt que, dans nos climats, des variations subites un peu fortes, n'existent pas, ou sont excessivement rares; dans les documents de Clermont-Ferrand, j'ai vu des exemples de hausses et de baisses de 1, 2 et même 3 millimètres de mercure en une heure, demi-heure peut-être, vingt minutes même. De variations absolument subites, je n'en ai pas reconnu d'exemples.

b) On retrouve assez fréquemment sur les tracés que M. Alluard m'a permis d'examiner un état d'agitation tout particulier, dont le tracé de la page 530, tome LXXXV des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, donne une bonne idée (courbe de la station du Puy-de-Dôme, 4 janvier 1877, 6 h. matin à 6 h. soir, 6 janvier, 9 h. soir à 7 janvier 3 h. matin). Ce sont des oscillations répétées, irrégulières, d'une durée d'un quart d'heure, de demi-heure, une heure, de $^1|_2$ à 1, à 2 millimètres de mercure d'amplitude. Ces oscillations sont beaucoup plus fréquentes sur les tracés du baromètre de

des allures de la pression atmosphérique qui échappent sur des tracés aussi resserrés, et ne donnant que 96^{mm} par jour.

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. LXXXV, p. 529.

la montagne, que sur ceux de la plaine; cependant, j'en ai vu un ou deux exemples de la station de Clermont-Ferrand. D'après les explications qui m'ont été données par les assistants des observatoires, MM. Plumandon et Valentinowitch, cet état particulier du baromètre s'observe lorsqu'un vent de tempête souffle sur la station.

Arrêtons-nous un moment sur ces oscillations, car elles semblent avoir un rapport possible avec la production des seiches. Avant tout, il ne faut pas assimiler ces oscillations des tracés avec les secousses bien connues du baromètre qui ont lieu par un coup de vent violent. Pendant ma visite à l'observatoire du Puy-de-Dôme, il soufflait un vent violent, vent de tempête avec rafales; à chaque grain qui frappait la montagne, je voyais le baromètre faire une secousse en hausse de 0,5 à 0,8 millimètres de mercure au maximum [1]. Ces secousses qui sont évidemment dues à l'augmentation de pression dans la chambre où repose le baromètre par suite de l'effet mécanique du vent s'engouffrant dans la cheminée ou dans les fentes des portes et fenêtres, sont très nombreuses et très rapides et durent un quart, une demi-seconde à peine;

[1] Pour étudier plus facilement ces secousses qui ne sont que rarement et difficilement visibles sur nos baromètres en plaine, où le vent est moins tempêtueux qu'au sommet du Puy-de-Dôme, j'ai construit un baroscope très sensible qui me permet de les voir chaque fois qu'un vent un peu fort souffle sur ma station. L'appareil consiste en une dame-jeanne de verre de 20 litres de capacité, renfermée dans une caisse et entourée de corps mauvais conducteurs de la chaleur; elle est pleine d'air et en communication directe avec un tube manométrique à eau. Les plus petites variations de la pression atmosphérique s'y montrent par des mouvements considérables; les secousses causées par une rafale de vent qui s'engouffre dans la cheminée et par l'ouverture d'une porte, s'y voient avec la plus grande facilité.

elles ne peuvent être inscrites par les baromètres Redier, dans la forme du moins qu'a cet appareil à l'observatoire de Clermond-Ferrand.

Les oscillations révélées par les tracés du Puy-de-Dôme sont donc autre chose que ces secousses. Que sont-elles ? Sont-elles dues à des variations générales de la pression atmosphérique ? Sans vouloir être trop affirmatif, après une aussi courte étude que celle que j'ai pu en faire, je dirai que je ne le crois pas. Le fait qu'elles sont liées à l'existence d'un vent de tempête, le fait surtout qu'elles existent très fréquemment au sommet du Puy-de-Dôme, sans être visibles sur les tracés de l'observatoire de la plaine, me font attribuer ces oscillations à des actions purement mécaniques et locales, à l'effet des rafales du vent sur la colonne du baromètre, aux variations d'intensité du vent qui est tantôt plus fort, tantôt moins fort. S'il s'agissait en effet de variations réelles de la pression atmosphérique qui se feraient sentir dans la couche supérieure à l'altitude du Puy-de-Dôme, 1465^{m}, les mêmes variations seraient aussi perceptibles dans les altitudes inférieures, la pression des couches supérieures étant une des composantes de la pression atmosphérique dans une altitude inférieure, et le baromètre de la plaine devrait les révéler. Quant à supposer que ces oscillations seraient dues à des perturbations locales de la pression atmosphérique causées par la forme proéminente du cône du Puy-de-Dôme, je ne saurais l'admettre, vu le peu d'importance du relief d'une montagne de 1500 mètres, noyée au fond du vaste océan de l'atmosphère.

Si, comme je le crois, ces oscillations des tracés du Puy-de-Dôme ne révèlent pas des variations de la pression atmosphérique, mais des variations mécaniques, dans

la couche même où est plongé le baromètre, par suite de la plus ou moins grande intensité du vent, nous n'avons pas à les faire intervenir dans l'étude actuelle[1].

c) Un troisième point qui résulte de l'étude des tracés de la double série de Clermont-Ferrand a été développé par M. Alluard dans sa note déjà citée.

C'est le fait d'une marche parallèle des deux courbes barométriques dans la règle, c'est le fait d'un défaut de parallélisme dans les cas de perturbations atmosphériques quand un cyclone traverse la contrée. Dans ces circonstances l'on voit des discordances entre les deux tracés, l'un des deux baromètres marchant plus vite que l'autre, ou bien les deux baromètres marchant en sens inverse l'un de l'autre.

Si j'essaie d'évaluer sur les tracés de M. Alluard, du 3 au 7 janvier 1877[2], la valeur de ces variations, je vois que pendant ces quatre jours, la moyenne d'écart entre les deux colonnes de mercure a été de $87^{mm},4$, que l'écart maximal a été de $91^{mm},0$, l'écart minimal de $82^{mm},1$, faisant, dans cette série, une oscillation de 4 à 5 millimètres de mercure au-dessus et au-dessous de la moyenne, et une amplitude totale d'oscillation de $8^{mm},9$[3].

Ces variations dans la marche parallèle des deux baromètres sont du reste lentes et durent des heures et des journées. La plus rapide que l'on m'ait montrée, celle qui est signalée par M. Alluard comme étant un fait remar-

[1] Je les retrouverai un jour lorsque je reprendrai l'étude des *vibrations* du lac.

[2] *Compte rendus Acad. des Sc. Paris*, loc. citat. [p. 149].

[3] La correction de la température n'est pas faite sur ces courbes qui sont des calques des tracés de l'enregistreur.

quable et extraordinaire, est celle du 6 janvier 1877, de 3 heures du soir à minuit, dans laquelle l'écart des deux baromètres a passé de $82^{mm},0$, à $89^{mm},5$, présentant ainsi en neuf heures un écart dans la marche de $7^{mm},5$; la variation dans la marche a donc été dans ce cas de moins d'un millimètre par heure.

En résumé, l'étude que j'ai faite des tracés de Berne et de Clermont-Ferrand m'a donné les points suivants utilisables pour les rapports des Seiches avec la pression atmosphérique.

1° Dans nos contrées les variations subites de la hauteur du baromètre sont très rares et très faibles; elles n'atteignent pas un millimètre de mercure.

2° Les variations rapides (mais non subites) durant $^1/_4$, $^1/_2$, 1 heure sont plus fréquentes; elles ne dépassent pas 2 ou 3 millimètres de mercure.

3° En cas de vent tempétueux, le baromètre présente des secousses fréquentes et rapides plusieurs fois par minute pouvant atteindre une hauteur de 0,5 à 1^{mm} de mercure; puis des oscillations plus prolongées, durant une demi-heure, une heure au plus, et arrivant à une valeur de 1 à 2^{mm} de mercure. Ces secousses et ces oscillations sont probablement des faits locaux, dus à l'action mécanique des rafales du vent.

4° En temps de cyclone, il peut y avoir discordance dans la marche des baromètres de deux stations très rapprochées l'une de l'autre, l'écart entre la hauteur des deux colonnes pouvant atteindre 8 ou 10^{mm} de mercure. Ce défaut de parallélisme se développe lentement, et ses allures ne dépassent probablement pas 1^{mm} par heure.

En condensant encore plus ces conclusions, je dirai :

Dans nos climats il y a des variations locales de la pression atmosphérique ; elles ne sont jamais subites ; elles sont parfois rapides.

Voyons maintenant à utiliser ces faits pour l'histoire des seiches.

Nous avons établi en théorie que des variations subites et locales de la pression atmosphérique peuvent produire des seiches : nous voyons en fait que les variations locales de la pression ne sont pas subites. En devons-nous conclure que ce défaut de soudaineté les rend incapables de produire des seiches ? Non.

En effet, la notion de soudaineté est relative. Ce qui est lent pour un petit mouvement, est rapide et soudain pour un mouvement de plus grande durée. Si pour déterminer une onde de balancement dans un petit bassin où l'oscillation ne dure que quelques secondes, il faut un coup presque subit de quelques quarts de secondes de durée, comme à mesure que les dimensions en longueur du vase augmentent, la durée de l'oscillation augmente aussi, la soudaineté de l'impulsion génératrice pourra diminuer aussi en proportion. Si nous considérons la durée de l'impulsion qui, partant de l'état d'équilibre de l'eau, déterminera la première vague de balancement, nous la trouvons être du quart de celle de l'oscillation entière[1]. Dans les seiches transversales du Léman dont la durée totale est de 10 minutes, la seiche descendante

[1] Pour être plus exact, je devrais dire de près du quart de la durée de l'oscillation entière. En effet, toute secousse portée sur l'eau dans une direction convenable et dont la durée sera entre $\frac{1}{\infty}$ et $\frac{1}{2}$ de la durée totale de l'oscillation pourra être l'impulsion génératrice d'une série de vagues de balancement.

dure 5 minutes, et comme la première vague est censée partir de l'état de repos, la demi-seiche descendante n'ayant que 2,5 minutes de durée, on peut évaluer à ce chiffre la durée théorique de l'impulsion génératrice de la première seiche. De même pour les seiches longitudinales du Léman la durée totale est de 73 minutes, et la durée théorique de l'impulsion génératrice de 18 minutes.

Le fait donc que les variations de la pression atmosphérique ne sont pas absolument subites, mais durent 10, 20, 30 minutes, n'est pas incompatible avec la notion de la rapidité de l'impulsion qui doit déterminer les seiches.

Nous devons donc admettre que les variations telles que nous venons de les décrire, peuvent être la cause des seiches.

Mais peuvent-elles produire toutes les seiches? Leur action a-t-elle une intensité suffisante pour expliquer toutes les seiches connues? Ici doit intervenir la notion d'amplitude du mouvement de l'eau.

Admettons que dans nos climats les variations locales ou différentielles du baromètre, ayant lieu dans une période de temps convenable pour correspondre au rhythme des seiches de nos lacs (37 minutes au maximum pour les plus grandes seiches du Léman), atteignent une valeur de 1, 2 et même 3 millimètres de mercure; cela correspond à une hauteur d'eau de 14, 27 et 41 millimètres. Nous avons donc dans les variations de la pression atmosphérique les éléments de la production de dénivellations de 1 à 4 centimètres de hauteur, déterminant des seiches de 2 à 8 centimètres d'amplitude. Or, cela est bien loin

de l'amplitude de grandes seiches dont on connaît la hauteur très supérieure.

Mais, dira-t-on, la forme des côtes doit intervenir ici, et dans le golfe long, étroit, rétréci et peu profond de Genève, il doit y avoir des conditions d'amplification du mouvement plus puissantes encore que celles qui déterminent l'exagération de la marée au fond des golfes de Gascogne et de Saint-Malo. Cela est vrai en partie. L'amplitude de l'oscillation peut être fortement agrandie par la forme des côtes; mais il est évident que cette action ne suffirait jamais à expliquer la transformation d'un mouvement de 8 centimètres au maximum, dans les énormes seiches historiques de Genève de 1^m, $1^m,50$, $1^m,90$ de hauteur.

Et si l'amplification du mouvement est admissible dans la station de Genève, elle ne l'est plus au même degré pour celle de Morges, située sur une côte droite, ou même plutôt à l'extrémité d'un promontoire fort émoussé. Or, à Morges j'ai observé des seiches de 12,5 centimètres d'amplitude et de 10 minutes de durée; elle correspondraient à une variation différentielle du baromètre à mercure de 5 millimètres en 2,5 minutes, ce qui n'existe pas dans nos climats.

Dans certains cas, il est vrai, l'on peut admettre que des impulsions génératrices de seiches, se succédant dans des conditions favorables et interférant heureusement, peuvent additionner leur effet et produire exceptionnellement des hauteurs d'oscillation très supérieures à l'importance de chacune des impulsions initiales. L'on peut arriver ainsi de cette manière à trouver dans les variations de la pression atmosphérique des actions assez puissantes pour expliquer beaucoup de seiches, dans le cas surtout

de seiches compliquées. Mais cette explication ne suffit pas dans les cas que nous allons bientôt décrire, de seiches débutant subitement par des amplitudes maximales énormes; l'impulsion génératrice est du premier coup portée à son maximum d'intensité (seiches de Morges : 22 août 1876 à 1 h. (pl. IV, fig. 8), amplitude de la première seiche, 105^{mm}; 21 août 1877, 20 h. amplitude de la première seiche, 124^{mm}).

En résumé : 1° Les variations locales de la pression atmosphérique peuvent rendre compte de la production des seiches.

2° Elles ne suffisent pas à expliquer toutes les seiches, et en particulier les très fortes seiches dépassent leur puissance génératrice.

Nous aurons donc à chercher d'autres causes pour la production de ces énormes seiches.

Mais auparavant nous avons encore une question à résoudre : Les variations locales de la pression atmosphérique qui sont capables de produire des seiches, en sont-elles réellement la cause ?

A cette question je répondrai de deux manières.

En étudiant les conditions générales de l'apparition des seiches; c'est ce que je vais faire dans un moment en exposant les allures des seiches en temps de cyclone.

Deuxièmement, en me basant sur l'expérience de mon collègue et ami, M. Ch. Dufour, de Morges. Il a constaté des rapports évidents entre les fortes seiches et un état particulier du baromètre qu'il décrit comme suit : variation saccadée du baromètre, en général dans le sens de la baisse ; pendant un temps plus ou moins long, irrégulier, un quart d'heure, une demi-heure, une heure, deux

heures, le baromètre reste immobile, puis tout à coup il fait une chute subite de quelques dixièmes de millimètre, puis il reste de nouveau immobile, puis une nouvelle chute, puis un nouveau repos, et ainsi de suite. Dans ces conditions les seiches sont très fortes. Cela est si vrai, qu'il m'est plusieurs fois arrivé de recevoir la visite de M. Dufour, qui venait s'enquérir de l'importance des seiches; il avait constaté la variation saccadée du baromètre et il en avait conclu à la probabilité de seiches fortes. Le plus souvent l'étude des tracés de l'enregistreur a confirmé la justesse de ces prévisions. C'est à un cas de ce genre que fait allusion la note de la page 147. Cette coïncidence entre deux observations très bien séparées, et ne pouvant influer l'une sur l'autre (M. Dufour lisant son baromètre dans sa chambre, loin du lac et loin de mon limnimètre enregistreur), est assez évidente et assez démonstrative pour que je puisse conclure que les seiches sont fortes en temps de variation saccadée du baromètre.

Comme d'une autre part, les faits que je vais bientôt exposer montrent que les seiches sont fortes en temps de cyclone, et que dans ces circonstances il n'y a guère d'action possible pour la production des seiches que la variation de la pression atmosphérique, je conclurai :

La variation locale de la pression, qui en théorie est capable de produire des seiches, est en réalité la cause génératrice d'un grand nombre de seiches.

J'ajouterai, en me basant sur l'impression générale qu'a produite sur moi l'étude prolongée du phénomène : elle en est la cause la plus fréquente et la plus normale.

(*A suivre.*)

CARBURES D'HYDROGÈNE

OBTENUS

PAR L'ACTION DU CHLORURE DE MÉTHYLE

SUR LA BENZINE

EN PRÉSENCE DU CHLORURE D'ALUMINIUM

PAR

MM. E. ADOR et A. RILLIET

I. XYLÈNES.

MM. Friedel et Crafts ayant eu l'obligeance de nous envoyer quelques produits de l'action du chlorure de méthyle sur le toluène en présence du chlorure d'aluminium, nous en avons commencé l'étude pour déterminer la place à laquelle s'introduit chaque nouveau groupe méthyle dans le noyau benzylique. D'après les renseignements fournis par MM. Friedel et Crafts, ces carbures sont obtenus de la manière suivante : on fait passer pendant 48 heures au plus un courant de chlorure de méthyle, desséché par de l'acide sulfurique concentré placé dans un appareil à boules, ainsi que dans un tube à pierre ponce imbibée d'acide ; de là le chlorure traverse 500 gr. à 600 gr. de toluène dans deux matras à longs cols, placés dans un bain-marie maintenu entre 75° et 80° et additionné de 15 à 20 % de chlorure d'aluminium ; les gaz qui s'échappent sont forcés de traverser une colonne de mercure de 5 à 6c. Quand le chlorure

d'aluminium est bon et que tout marche bien, il ne se dégage pas sensiblement de CH_3Cl et rien que de l'acide HCl, même quand le courant est rapide. On obtient ainsi un mélange d'hydrocarbures qu'il faut fractionner par distillations répétées.

En rectifiant les portions bouillant de 130° à 145° à plusieurs reprises au moyen d'un appareil à boules muni de treillis en fils de platine, nous avons obtenu deux portions à point d'ébulition, 134° à 138° et 138° à 141° (baromètre : 730^{mm}) ; analysées, elles donnèrent :

	134°—138°	138°—141°		Calcul pour $C_6H_4(CH_3)_2$ Xylène
C	88.97 %	83.33	88.91	90.57
H	9.95	9.74	9.81	9.43

Nous les avons traitées par du sodium métallique avec réfrigérant ascendant pendant quelques heures; tout passait maintenant de 135° à 140° ; la portion distillant de 138° à 140° analysée donna :

Subst. 0.1981 ; CO_2; 0.6596 H_2O; 0.1697.

Soit	C	90.8	calculé pour $C_6H_4(CH_3)_2$	90.57
	H	9.5		9.43

Ces carbures paraissent par conséquent renfermer en petite quantité une substance renfermant de l'oxygène qui a été détruite par le sodium, car les portions analysées étaient parfaitement sèches et exemptes de chlore.

Pour déterminer la position relative des groupes CH_3 dans la molécule, 30 gr. du xylène bouillant de 138° à 140° furent oxydés par l'acide nitrique ; 1 partie de carbure pour 1 partie d'acide nitrique (densité 1,4) et 6 vol. d'eau, et maintenus à ébulition avec réfrigérant ascendant pendant 36 heures, puis l'excès de xylène fut distillé avec les vapeurs d'eau et j'en obtins ainsi 28 gr.

Le liquide resté dans les cornues fut extrait avec soin par l'éther, ainsi que le liquide qui avait passé avec le xylène, les acides obtenus après l'évaporation de l'éther furent, après un traitement par le zinc et l'acide chlorhydrique pour enlever des traces de produits nitrés, de nouveau distillés avec les vapeurs d'eau et j'obtins ainsi 1,2 gr. d'acides volatils fondant mal et partiellement seulement vers 105°. Ces acides furent oxydés au bain-marie en dissolution alcaline par le permanganate de potassium suivant l'équation :

$$C_6H_4 \begin{matrix} CH_3 \\ COOH \end{matrix} + 2\,KM_nO_4 = 2\,M_nO_2 + 2\,H_2O + C_6H_4(COOK)_2$$

La réaction terminée, le liquide filtré fut acidifié ; j'obtins un précipité assez volumineux formé de fines aiguilles. L'acide phtalique, s'il s'en était formé[1], devait se trouver en dissolution ; le liquide concentré fut extrait par l'éther ; la petite quantité d'acide obtenue fondait au-dessus de 290° et sublimait ; la partie sublimée fondait au-dessus de 290°. Le sel ammoniacal neutre ne donnait avec le chlorure de barium qu'un très léger trouble provenant probablement de traces d'acide téréphtalique ; donc pas d'acide phtalique. Cet acide fut alors recherché dans les acides précipités par l'acide chlorhydrique ; ils furent dissous dans la baryte et l'on y fit passer un courant d'acide carbonique, puis le tout fut porté à ébulition et filtré à froid ; il pouvait rester sur le filtre un mélange de téréphtalate, de phtalate et de carbonate de baryte ; en traitant par l'acide chlorhydrique, puis reprenant par l'éther, on obtint un acide très peu soluble dans l'eau bouillante, sublimant sans fondre ; donc de l'acide téréphtalique sans traces d'acide phtalique. Le liquide renfermant l'isophta-

[1] Jacobsen, Berichte d. d. ch. Ges., X, 1013.

late de baryte fut évaporé et le sel analysé après avoir été séché sur l'acide sulfurique. Subst. 0.2200; SO_4Ba; 0.1437, soit Ba 38.40 %; le calcul donne pour $C_6H_4(COO)_2$ Ba + 3 Aq; Ba = 38.59 %.

17 grammes du xylène bouillant de 135° à 138° furent oxydés par le chromate de potasse et l'acide sulfurique; après avoir distillé l'excès de xylène et les acides monobasiques, le résidu fut extrait par l'éther, puis on fit le sel de baryte; on obtint un sel soluble et un sel insoluble. Le premier analysé donna : Subst. 0.2784; SO_4Ba 0.1845, trouvé Ba 38.96 %, calculé pour l'isophtalate de baryte 38.59 %.

Transformé en sel de chaux, nous obtînmes : Subst. 0.2238 séchée à 160°, elle a perdu Aq 0.0352, soit 15.7 % Ca SO_4 = 0.1225 Ca = 19.10 %, calculé pour $C_6H_4(COO)_2$ Ca + 2 Aq : 2 Aq = 15.0 % Ca = 19.60 %.

L'acide séparé de ses sels est soluble dans l'eau chaude d'où il cristallise sous forme de fines aiguilles fusibles au-dessus de 300°, sublimables ; c'est donc de l'acide isophtalique. Le sel de baryte insoluble analysé a donné : Subst. séchée à 170 degrés sans perte d'eau 0.2322 ; SO_4Ba; 0.1808 Ba = 45.78 %, calculé pour $C_6H_4(COO)_2$ Ba ; Ba = 45.51 %.

L'acide séparé de ce sel sublime sans fondre et est très peu soluble dans l'eau, assez mal dans l'éther, c'est donc bien de l'acide téréphtalique; d'ailleurs, il y en a fort peu et j'estime la quantité de paraxylène mélangé à l'isoxylène au maximum à 5 % en admettant que dans le mélange des xylènes le para s'oxyde plus facilement que l'isoxylène.

Un dernier essai a été fait pour s'assurer d'une autre manière, si vraiment les xylènes obtenus par l'action des

$Al_2 Cl_6$ sur un mélange de $CH_3 Cl$ et de C_6H_6 ne renfermaient pas d'orthoxylène. On sait par Jacobsen[1] que l'ortho et l'isoxylène se dissolvent facilement dans l'acide sulfurique concentré, tandis que le paraxylène ne se dissout bien que dans l'acide sulfurique fumant; en traitant les xylènes obtenus synthétiquement par l'acide sulfurique concentré au bain-marie presque tout se dissout. La partie insoluble se dissolvait dans l'acide fumant, mais il y en avait trop peu pour pouvoir observer la formation des cristaux de l'acide sulfoconjugué du paraxylène, ce qui est encore une preuve de la petite quantité de paraxylène que renfermait le mélange. La partie dissoute dans l'acide sulfurique ordinaire fut transformée en sel de soude, mais ne pouvant obtenir les cristaux caractéristiques du sel de soude de l'acide dérivant de l'orthoxylène, le tout fut transformé en chlorures, puis par le zinc en poudre en sulfates, et enfin par la soude en sel de soude; je ne pus davantage reconnaître les formes caractéristiques du dérivé de l'orthoxylène; l'acide séparé de la première cristallisation était semi-liquide et non cristallin même après purification et après plusieurs semaines.

Ces essais montrent donc que les xylènes ne renfermaient pas ou tout au moins fort peu d'orthoxylène, puisque je n'ai pu reconnaître sa présence et que par l'action du chlorure de métyle sur la benzine en présence du chlorure d'aluminium on obtient presqu'exclusivement de l'isoxylène mélangé d'un peu de paraxylène.

Genève, juillet.

[1] Loc. cit.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE.

L. Grandeau. De l'influence de l'électricité atmosphérique sur la nutrition des plantes. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, LXXXVII, p. 60.) — Berthelot. Même sujet (Ibid. p. 92).

M. L. Grandeau a communiqué à l'Académie des sciences les résultats fort intéressants d'expériences entreprises pour vérifier l'action de l'électricité atmosphérique sur la nutrition des plantes. Dans ce but des végétaux aussi semblables que possible (tabac, maïs, blé) étaient placés dans deux caisses, l'une laissée à l'air libre, l'autre couverte d'une cage formée d'un treillis de fil de fer à mailles fines, qui laissait l'air, la lumière et l'eau circuler librement autour de la plante, mais la soustrayait complètement à l'action de l'électricité atmosphérique. Les résultats ont été des plus évidents : les plantes élevées à l'air libre ont pris un développement beaucoup plus considérable que celles qui étaient enfermées dans la cage, dans la proportion, par exemple, pour le tabac de 273 grammes à l'air libre et de 140 grammes sous cage. L'électricité atmosphérique agit donc comme un facteur prépondérant de l'assimilation et les végétaux soustraits à son influence élaborent dans un temps égal 50 à 60 pour cent en moins de matières vivantes que ceux dont la croissance s'est effectuée dans des conditions ordinaires. Le taux centésimal de la matière protéique formée ne paraît

pas dépendre sensiblement de l'électricité atmosphérique et reste proportionnel au taux de la récolte. Le taux des cendres est plus élevé dans les plantes qui ont crû à l'abri de l'action de l'électricité; celui de l'eau l'est par contre un peu moins.

Dans une séance subséquente de l'Académie, M. Berthelot a fait ressortir l'importance des résultats obtenus par M. Grandeau, en particulier au point de vue de la proportion de matière azotée. Sous l'influence de l'électricité atmosphérique, il s'en forme une quantité sensiblement double de celle qui prend naissance en dehors de son action, le développement total de la plante restant d'ailleurs proportionnel à celui de la matière azotée. Ce résultat confirme les expériences de M. Berthelot dans lesquelles, sous l'influence de l'électricité, il a vu de l'azote libre fixé sur les matières organiques (analysées dans *Archives*, LVIII, p. 280).

M. M.

CHIMIE

LAWRENCE SMITH. SUR UNE NOUVELLE TERRE DU GROUPE DU CÉRIUM ET REMARQUES SUR UNE MÉTHODE D'ANALYSE DES COLOMBATES NATURELS. — LE MOSANDRUM, UN NOUVEL ÉLÉMENT. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 22 juillet 1878, t. LXXXVII, p. 146.)

Nous reproduisons ces deux communications dont la première était contenue dans un pli cacheté déposé à l'Académie le 22 septembre 1877.

« I. J'ai déjà eu l'honneur de communiquer à l'Académie [1] la découverte de deux nouveaux colombates, et j'ai publié [2] la description de tous les colombates trouvés jusqu'ici aux

[1] *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 1036; mai 1877.
[2] *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, p. 253.

États-Unis. Dans une publication ultérieure, je ferai connaître les méthodes d'analyse que j'ai employées et la véritable nature des terres qui entrent dans la composition de plusieurs de ces minéraux.

» L'objet de la présente note est simplement d'appeler l'attention sur l'usage que j'ai fait, pour leur attaque, de l'acide fluorhydrique concentré dont l'action, en particulier sur la samarskite et l'euxénite de la Caroline du Nord, est aussi prompte et aussi énergique que celle de l'acide chlorhydrique sur le spath calcaire.

» Si l'on prend de la samarskite finement pulvérisée, qu'on mouille la poudre avec son poids d'eau et qu'on la traite par le double de son poids d'acide fluorhydrique fumant du commerce, l'attaque a lieu à froid en quelques secondes, la masse s'échauffe en produisant une légère effervescence, et sa décomposition est effectuée au bout de cinq à dix minutes. Cette décomposition est au besoin rendue plus complète en chauffant la masse au bain-marie pendant quelques instants; on la maintient à la température de l'eau bouillante assez longtemps pour chasser l'excès d'acide. Le contenu de la capsule est alors traité par 30 ou 40 grammes d'eau (en supposant que l'on ait employé 5 grammes de samarskite), jeté sur un filtre et soigneusement lavé, en ajoutant au besoin une ou deux gouttes d'acide fluorhydrique.

» Le minéral est ainsi séparé en deux parties : 1° la liqueur filtrée, contenant tous les acides métalliques et les oxydes de fer et de manganèse; 2° le précipité insoluble renfermant toutes les terres et l'oxyde d'urane. Dans mon prochain mémoire je donnerai des détails complets sur la séparation de ces deux parties.

» La difficulté de l'attaque augmente avec la teneur des minéraux en acide tantalique.

» Les constituants les plus intéressants de la samarskite sont les terres. Dans la description que j'ai publiée récédemment de la variété de la Caroline du Nord, je m'étais contenté de ranger ces terres en deux classes : terres du

groupe yttria; terres du groupe cérium[1], en faisant remarquer toutefois qu'il y avait lieu de penser que le groupe du cérium ne contenait pas d'oxyde de cérium, et que la thorine, constatée dans la variété de l'Oural, existait en trop petite quantité pour avoir été reconnue d'une manière positive.

» Depuis je suis arrivé à établir :

» 1° Que les terres du groupe yttria se composent d'environ $^2/_3$ d'yttria et $^1/_3$ d'erbine;

» 2° Qu'il n'y a pas de cérium parmi les terres du groupe auquel il appartient, mais que ces terres comprennent environ 10 pour 100 de thorine (un peu moins de 1 pour 100 du minéral), une très petite quantité d'oxyde de didyme, et une terre (environ 3 pour 100 du minéral) que je regarde comme *nouvelle*, si elle n'est pas l'hypothétique *terbine* de Mosander, sur laquelle nous n'avons encore que des renseignements incomplets.

» M. Delafontaine, actuellement à Chicago, bien connu pour ses habiles recherches sur quelques-unes des terres dont il est question, a vérifié l'absence du cérium dans les produits que j'ai obtenus, et il regarde comme de la *terbine* la terre que je suppose nouvelle. Je crois que M. Marignac admet aussi l'existence de la *terbine*, et il étudie en ce moment celle qu'il a retirée de la gadolinite. Tous les doutes pourront bientôt être levés à cet égard; pour le moment, je pense que j'ai affaire à une nouvelle terre du groupe du cérium, et que, si la *terbine* existe parmi les oxydes de la samarskite de la Caroline du Nord, elle doit se trouver dans le groupe de l'yttria. Mon intention est de soumettre ultérieurement ce groupe à une étude pour laquelle je possède d'abondants matériaux qui ont été séparés du minéral à un état passablement pur.

» Si l'on compare le poids atomique de la nouvelle terre

[1] Parmi les terres du groupe cérium se trouvent toutes celles qui sont précipitées par une solution sursaturée de sulfate de potasse.

soigneusement séparée de la thorine et de l'oxyde de didyme, avec ceux des oxydes du cérium, de lanthane et de didyme déterminés par M. Marignac[1], on trouve (O = 16).

Nouvelle terre	109	(Smith)
Oxyde de cérium	110	(Marignac)
Oxyde de lanthane . . .	110	(Id.)
Oxyde de didyme. . . .	112	(Id.)

» La nouvelle terre diffère de celles du groupe de l'yttria par l'action que produit sur elle le sulfate de potasse; de l'oxyde de cérium, par sa solubilité dans l'acide azotique très étendu, et dans une solution alcaline traversée par un courant de chlore; de l'oxyde de didyme par sa couleur et autres particularités, notamment par l'absence des raies d'absorption que l'on constate, au spectroscope, dans ses solutions; de l'oxyde de lanthane, par sa couleur, la plus grande facilité avec laquelle ses sels sont décomposés par la chaleur, leurs formes cristallines et autres caractères dont je donnerai plus tard le détail.

» Quant à la thorine, j'ai découvert une méthode exacte pour la séparer des autres terres : cette méthode consiste, comme celle qu'on emploie pour séparer le cérium du didyme et du lanthane, à placer les oxydes récemment précipités dans de l'eau contenant 4 à 5 fois leur poids de potasse ou de soude caustique, et à faire passer pendant quelque temps un courant de chlore dans la liqueur. Tous les oxydes sont dissous, sauf les oxydes de cérium et de thorium; et comme la samarskite de la Caroline du Nord ne contient pas de cérium, le résidu est un précipité blanc, gélatineux comme de l'alumine, dont le sulfate possède tous les caractères du sulfate de thorine[2]. J'ai aussi découvert un procédé simple

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII, année 1849, p. 220, 230, 231, et t. XXXV, année 1853.

[2] Ceci n'a nul rapport avec la samarskite de l'Oural, où j'ai trouvé, concurremment avec d'autres chimistes, de l'oxyde de cérium.

pour séparer la plus grande partie de la thorine, lorsqu'on opère en grand, mais il ne fournit pas un dosage exact.

» Je me suis abstenu de donner un nom défini au métal de la terre supposée nouvelle, parce que je poursuis des recherches sur un groupe d'oxydes et d'acides (il y en aurait *onze* d'après quelques chimistes), compris entre le columbium et la nouvelle terre. »

« II. Ayant lu l'intéressante communication de M. J.-L. Soret à l'Académie des Sciences, relativement au spectre d'absorption des terres des gadolinites dans les rayons ultra-violets[1], je m'empresse, en vue de mon propre intérêt, de porter à la connaissance de l'Académie que la terre désignée X a été découverte par moi il y a plus d'un an; la découverte en fut annoncée publiquement dans le cours des travaux de l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie, en mai 1877[2], une communication, ayant le même but, fut aussi envoyée à ladite Académie en novembre 1877.

» Mes conclusions étaient entièrement basées sur des principes de chimie; car il fut constaté que la terre que je découvris alors se distinguait par ses propriétés de toutes celles connues pour appartenir aux groupes de l'yttria et du cérium, quoiqu'elle se rapprochât beaucoup de ces terres, dont les propriétés chimiques se confondent presque insensiblement. Peu de temps après avoir annoncé la découverte de cette terre, j'en envoyai un spécimen à M. Delafontaine, de Chicago, qui pensa que ce devait être de la terbine de Mo-

[1] *Comptes rendus*, 29 avril 1878, p. 1062. Voyez le mémoire in extenso de M. Soret, p. 89 de ce volume des *Archives*.

[2] Le professeur Lawrence Smith fit quelques observations sur les propriétés anormales des oxydes terreux de la samarskite et donna les raisons qui le portent à croire que ces oxydes ne contiennent pas de cérium et qu'il est fort probable que la majeure partie de ce que l'on considère comme du cérium est un élément nouveau (*Annales de l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie*, 8 mai 1877).

sander, ou quelque terre nouvelle[1]. Il me fut toutefois impossible d'en faire accorder les propriétés avec celles attribuées alors à la terbine.

» Je désirais débarrasser, autant que possible, cette nouvelle terre de la présence de terres déjà connues, afin d'en étudier les propriétés et les parties constituantes. Pour y mieux réussir, il me fallait un peu de la terbine que M. Marignac avait récemment extraite de la gadolinite. J'écrivis donc au mois de mars à ce savant chimiste : il avait une trop petite quantité de cette terre pour pouvoir m'en céder, mais il examina ma nouvelle terre et le nitrate que je lui avais envoyés, et, en me communiquant le résultat de son examen, il dit entre autres choses : « Non seulement je suis convaincu de l'identité de votre terre et de ma terbine, mais je puis ajouter que vous l'avez obtenue plus pure que moi. » Après que M. Soret eut examiné ma terre au moyen du spectroscope, il me dit : « Je ne puis avoir aucun doute sur l'identité de la terbine de ce chimiste (M. Delafontaine), de la mienne et de votre terre. »

» L'observation spectroscopique de M. Soret mettait hors de doute que les terres de la samarskite contiennent un nouveau métal, comme je l'avais annoncé en mai 1877, mon premier spécimen obtenu alors donnant le spectre d'absorption marqué nº 2 dans sa communication ; je n'hésite plus à donner à ce métal le nom de *mosandrum*, en hommage au chimiste distingué dont les recherches et les découvertes remarquables dans cette classe de terres forment une époque brillante dans l'histoire de la chimie métallique.

» Il est à propos que je donne ici un historique succinct

[1] Dans le cours de recherches plus récentes, M. Delafontaine crut avoir découvert encore une nouvelle terre ; mais les expériences de M. Soret et les conclusions de M. Marignac font voir que cette terre est identique avec celle que j'ai découverte. *La terbine et ses composés, et sur l'existence probable d'un nouveau métal* (*Archives des Sciences physiques et naturelles*, mars 1878, t. LXI, p. 273).

de cette découverte, reconnaissant en même temps mes obligations envers M. Delafontaine pour les nombreuses suggestions dont il a bien voulu aider mes investigations.

» Vers la fin de 1876, je me suis occupé de l'étude minéralogique et chimique des minéraux à acide niobique de l'Amérique et, entre autres, de la samarskite, dont une quantité considérable avait été trouvée dans la Caroline du Nord. J'y découvris deux nouveaux minéraux sur lesquels un rapport fut adressé à cette Académie ; en séparant les terres de la samarskite, j'obtins la conviction qu'elles ne contenaient pas d'oxyde acide de *cérium*, ou n'en contenaient au plus que de faibles traces, fait qui se trouve consigné dans la publication de mes résultats[1]. D'autres chimistes qui ont examiné cette samarskite, comme M. Hunt, M. Allen et M[lle] Swallow, s'accordèrent tous à y trouver de l'oxyde de *cérium*; M. Delafontaine m'écrit dans une lettre particulière, en date du 4 mai 1877 : « Je n'ai rien constaté qui puisse faire dou-« ter de la présence du *cérium*; » et, dans une lettre du 21 du même mois, il passe en revue les causes qui auraient pu m'égarer dans mes conclusions, finissant par ces mots : « Mais vous avez, je suppose, une méthode également bonne, « et nous pouvons nous attendre à recevoir de vous une « monographie sur un élément nouveau, laquelle me ferait, « je l'avoue, grand plaisir ; car il m'a déjà semblé que l'hypo-« thèse de l'existence d'un pareil élément donnerait une ex-« plication satisfaisante de certaines incongruités dans les « propriétés des autres terres. » Dans une lettre encore plus récente du même chimiste, il dit à propos des terres de la samarskite :

« Je suis convaincu à cette heure de l'absence presque to-« tale, sinon absolument totale, de l'oxyde de cérium, et « personne n'a plus aucun doute sur ce point. »

» M. Delafontaine, à qui j'ai remis un peu de cette terre, que j'avais purifiée autant qu'il m'était alors possible de le

[1] *Journal des Sciences*, vol. XIII, mai 1877, p. 64 et 369.

faire, et aussi une grande quantité du minéral, conclut que c'était de la terbine ou une terre nouvelle; mais, ne trouvant pas que les propriétés chimiques correspondissent à celles de la terbine connues alors, j'adressai un rapport à l'Académie des Sciences de Paris, insistant sur mes premières conclusions, établissant que la nouvelle terre diffère de celles du groupe de l'yttria par l'action du sulfate de potasse[1], de l'oxyde de cérium par sa solubilité dans l'acide nitrique fortement étendu et dans une solution des alcalis supersaturés de chlore; du lanthane par la couleur de son oxyde et de ses sels, du didyme par les rayons d'absorption de ce dernier dans la partie brillante du spectre. Je m'abstins de donner aucun nom défini au métal constituant la base de cette terre; car je savais qu'il était nécessaire de procéder avec grande circonspection, travaillant, comme je le faisais, parmi un groupe d'oxydes qui figurent entre les éléments comme les astéroïdes entre les planètes. Mais le spectroscope, dans la main habile de M. Soret, a suppléé à ce qui me manquait; et je saisis cette occasion d'annoncer que l'existence de l'élément que je soupçonnais en 1876 n'est plus hypothétique, mais réelle. »

Observations sur les mémoires précédents, par M. C. Marignac

En raison de l'extrême difficulté et de la complication que présente l'étude des terres de la cérite et de la gadolinite, je n'oserais rien affirmer au sujet de l'existence de la nouvelle terre signalée par M. L. Smith, mais je crois très important d'écarter tout ce qui pourrait introduire une nouvelle confusion dans une question déjà si embrouillée.

Ayant pu, grâce à l'obligeance de M. Smith, étudier les propriétés de sa nouvelle terre, dont il m'avait envoyé un échantillon, je crois devoir remarquer :

[1] Étant précipitée par une solution concentrée de ce sel en présence de cristaux du même sel, surtout à chaud, mais moins facilement que les oxydes de cérium, de lanthane et de didyme.

1° Que je ne vois encore aucune raison suffisante pour la distinguer de la terbine.

2° Qu'elle ne peut en tout cas être confondue en aucune façon avec la terre dont M. Soret[1] et moi[2] nous considérons l'existence comme probable dans les produits extraits de la gadolinite, que ce savant a désignée provisoirement par X, et que nous supposons identique avec celle dont M. Delafontaine a signalé l'existence dans la samarskite[3].

Je m'appuie sur les considérations suivantes :

Le sulfate de la terre de M. Smith est soluble dans une dissolution saturée de sulfate de potasse. Ce caractère ne permet pas de la ranger dans le groupe des terres de la cérite, mais la place comme la terbine dans le groupe de l'yttria. Il est vrai que sa solubilité est beaucoup plus faible que celle des sulfates d'yttria ou d'erbine, mais c'est précisément ce qui a lieu pour la terbine, comme l'a toujours remarqué M. Delafontaine, et comme je l'ai moi-même constaté.

La couleur d'un jaune orangé foncé est exactement la même. La coloration rose à peine sensible des sels préparés avec la terre de M. Smith, est suffisamment expliquée par la présence de quelques centièmes de didyme, constatée par le spectroscope, et admise d'ailleurs par le savant américain.

L'étude faite par M. Soret des raies d'absorption d'une dissolution de la terre de M. Smith montre qu'elle ne diffère sous ce rapport des dissolutions de la terbine extraite par moi de la gadolinite que par les caractères suivants :

1° Présence des raies caractéristiques du didyme ;

2° Absence complète de celles de l'erbine, que je n'avais pas réussi à éliminer en totalité.

3° Diminution très-marquée des raies d'absorption situées

[1] *Comptes rendus*, 29 avril 1878, p. 1062 et p. 89 de ce volume des *Archives*.

[2] *Archives*, mars 1878, t. LXI, p. 283.

[3] *Archives*, mars 1878, t. LXI, p. 273.

dans le spectre ultra-violet, qui se retrouvent avec une intensité variable dans tous les produits que j'avais extraits de la gadolinite, qui ne paraissent point appartenir à la terbine, puisqu'elles sont moins marquées dans les échantillons les plus purs de cette base, et que M. Soret attribue à la terre hypothétique X.

C'est en raison de ces deux derniers caractères que j'avais écrit à M. Smith qu'il avait obtenu la terbine à un degré de pureté plus grand que moi. Je ne pouvais la comparer sous ce rapport à celle qu'a préparée M. Delafontaine, dont je n'ai pas eu d'échantillon entre les mains.

Enfin, pour ce qui concerne l'équivalent de ces terres, M. Delafontaine assigne à la terbine le nombre 114, j'ai trouvé moi-même approximativement 115. Dans sa notice, datée de septembre 1877, M. Smith assigne à sa nouvelle terre l'équivalent 109, mais dans la lettre bien plus récente (11 avril 1878), qu'il m'a adressée, il le porte à 118,5. Malgré le désaccord de ces nombres, si l'on remarque qu'aucun de nous ne peut prétendre avoir obtenu un produit pur, on trouvera sans doute qu'ils tendent plutôt à établir l'identité que la différence de ces produits.

Je ne vois donc encore aucun motif pour distinguer de la terbine la terre supposée nouvelle par M. Smith.

En revanche, ce que j'ai dit plus haut du spectre d'absorption de cette terre, pour les rayons ultra-violets, prouve évidemment que loin d'être identique avec la terre X de M. Soret, elle n'en renfermerait au contraire qu'une très faible proportion.

Caro et Græbe. Acide rosolique et rosaniline. (*Berichte d. d. chem. Ges.*, XI, 1116, Zurich.)

Les auteurs sont enfin arrivés à déterminer la constitution de l'acide rosolique et n'hésitent plus qu'entre ces deux formules :

$$C\begin{array}{l}\diagup C_6H_3.CH_3.OH \\ \diagup C_6H_4\,OH \\ - C_6H_4 > \\ \diagdown O \end{array} \quad \text{et} \quad C\begin{array}{l}\diagup C_6H_4OH \\ - C_6H_4OH \\ - C_6H_4CH_3 \\ \diagdown O \rfloor \end{array}$$

La rosaniline serait :

$$C\begin{array}{l}\diagup C_6H_4\,NH_2 \\ - C_6H_4\,NH_2 \\ - C_6H_4 > \\ \diagdown NH \end{array}$$

Ces formules expliquent admirablement bien toutes les réactions et transformations de ces substances et ont trouvé leur confirmation dans les travaux récents de E. et O. Fischer.

E.-B. Schmidt. Action des combinaisons du soufre avec ses halogènes sur l'aniline, et du chlorure de soufre sur l'acétaniline et la benzine. (*Berichte*, XI, 1168. Zurich.)

Les combinaisons du soufre avec les halogènes agissent de telle sorte sur l'aniline que tout le soufre est éliminé et qu'il se forme des dérivés sulfurés de l'aniline.

Le chlorure de soufre agit sur l'acétanilide en formant des dérivés bi- et tri-substitués qui, chauffés avec un acide, donnent les bases ; il n'y a point d'élimination de soufre à l'état de soufre ou d'hydrogène sulfuré ; le chlorure de soufre n'agit sur la benzine qu'à 250°, un atome de soufre entre dans la benzine, mais si la réaction a lieu en présence de zinc, il se forme des dérivés beaucoup plus sulfurés.

Lauterbach. Nitroéthan. (*Berichte*, XI, 1225. Zurich.)

L'auteur a obtenu du nitroéthan en distillant ensemble des quantités équivalentes de sulfate d'éthyle et de potasse avec du nitrite de potassium ; il se forme en même temps du nitrite d'éthyle et de l'aldéhyde.

G. Lunge. Oxydes d'azote dégagés par l'action de l'acide azotique sur l'amidon, et oxyde d'azote des chambres a acide sulfurique. (*Berichte*, XI, 1229. Zurich).

L'auteur trouve que les gaz qui se dégagent par l'oxydation de l'amidon par l'acide nitrique, renferment N_2O_3 et non pas N_2O_4 ou NO_2, et que de même, dans les chambres à acide sulfurique, c'est le même gaz qui existe, à moins que, l'opération étant mal conduite, il ne se forme aussi de N_2O_4.

E. Schulze et Barbieri. Leucine dans les germes de courge. (*Berichte*, XI, 1233. Zurich.)

Les auteurs ont déjà obtenu des germes de courge les acides glutamique, aspartique, et la tyrosine; ils ont maintenant réussi à isoler aussi une petite quantité de leucine.

E. Schulze. Formation de sulfates aux dépens des substances albuminoïdes pendant la germination. (*Berichte*, XI, 1234. Zurich.)

Les recherches de Schulze montrent que, lorsque les albuminoïdes se décomposent, il se forme d'abord un composé sulfuré plus simple dont le soufre s'oxyde ensuite; pendant la première période de la germination, la décomposition des albuminoïdes est plus rapide que l'oxydation, aussi n'est-ce que dans la seconde période que les sulfates formés correspondent au soufre des matières albuminoïdes décomposées.

R. Meyer. Oxydation de l'acide cuminique par le permanganate de potasse. (*Berichte*, XI, 1283. Coire.)

L'oxydation est faite dans un milieu alcalin et il obtient, à côté d'un peu d'acide téréphtalique, de l'acide oxypropylbenzoïque $C_{10}H_{12}O_3$ fusible à 155-156°, cristallisant d'une dissolution étendue d'eau sous forme de longs prismes; le

sel ammoniacal ne donne pas de réaction avec le chlorure de fer. Ce nouvel acide diffère donc de l'acide cuminique en ce que un H a été remplacé par OH.

CARO et GRÆBE. ACIDES ROSOLIQUES. (*Berichte*, XI. 1348. Zurich.)

En chauffant de l'aurine avec de l'eau à 220°-250°, les auteurs ont obtenu de la dioxybenzophénone et du phénol d'après la réaction :

$$C \begin{cases} (C_6H_4OH)_2 \\ C_6H_4 \\ O \end{cases} + H_2O = CO\,(C_6H_4OH)_2 + C_6H_5OH.$$

Puis, en traitant cette dioxybenzophénone par le trichlorure de phosphore, et ensuite par le phénol en présence d'acide sulfurique, ils ont fait la synthèse de l'aurine.

En traitant de la même manière la monoxyphénone, ils ont obtenu une matière colorante qui a tous les caractères d'un acide rosolique ; il aurait comme constitution :

$$C \begin{cases} C_6H_5 \\ C_6H_4OH \\ C_6H_4 \\ O \end{cases}$$

F. BECKER. ACIDE UNDÉCYLIQUE $C_{11}H_{20}O_2$. (*Berichte d. d. ch. Gesellschaft*, XI, 1412. Bâle.)

En distillant l'huile de ricin dans le vide, on obtient à côté d'environ 18 % d'œnanthol à peu près 10 % d'acide undécylique. Cet acide fond à 24°,5 et bout vers 295° à la pression ordinaire en se décomposant partiellement. Il est susceptible de s'additionner une molécule de brome : $C_{11}H_{20}Br_2O_2$ forme des cristaux fusibles à 38°. Fondu avec de la potasse, l'acide undécylique donne de l'acide nonylique et de l'acide acétique : par contre, dissous dans 3-4 parties d'acide nitrique fumant il se forme avec dégagement de gaz un acide cristallisant de l'eau sous forme de feuilles brillantes fusibles à 129°,5 et qui est de l'acide sébacique.

F. Krafft. Acide undécolique $C_{11}H_{18}O_2$. (*Berichte*, XI, 1414. Bâle.)

Le bromure de l'acide undécylique $C_{11}H_{20}Br_2O_2$ chauffé avec de la potasse alcoolique à 180° perd 2 HBr, et l'on obtient un acide de la série de l'acide stéarolique. Ce nouvel acide fond à 59°,5 et peut être distillé sans décomposition dans le vide partiel. Le sel de baryte forme des croûtes cristallines et demande pour se dissoudre 212 parties d'eau à 15°,5. En fondant l'acide undécolique avec de la potasse, on obtient un acide qui probablement est de l'acide œnanthylique. L'acide nitrique le transforme en acide azélaïque fusible à 106°.

J. Züblin. Acide azobenzolacétique et ses homologues. (*Berichte*, XI, 1417. Zurich.)

J. Züblin a préparé différents sels de cet acide que Meyer nommait auparavant acide azophénylacétique. Les sels sont monobasiques. L'éther éthylique de cet acide forme des cristaux jaunes fusibles à 59°,5 et facilement saponifiables. Les réactions qui donnent naissance à l'acide et à l'éther sont :

I. $C_4H_4KO_3 . C_2H_5 + C_6H_5N_2NO_3 = KNO_3 + C_6H_5N_2 . C_4H_4O_3 . C_2H_5$

II. $C_6H_5N_2 . C_4H_4O_3 . C_2H_5 + KHO = C_2H_5OH + C_6H_5 N_2 . C_4H_4O_3K.$

L'acide réduit par l'étain et l'acide chlorhydrique donne une base huileuse.

L'homologue supérieur de l'acide azobenzolacétique s'obtient en faisant agir le nitrate du paradiazotoluène sur l'éther acétylacétique en solution alcaline ; il cristallise sous forme de longues aiguilles jaune-orange fusibles à 188°-190° en se décomposant; son éther éthylique forme des prismes fusibles à 74°.

H. Fischli. Constitution des dioxybenzols. (*Berichte*, XI, 1461, Zurich.)

En faisant agir du pentachlorure de phosphore sur le guajacol, Fischli obtient une huile qui, nitrée, lui a donné le

dérivé mononitré de l'orthochloranisol, aiguilles brillantes peu solubles dans l'alcool à froid, identique au dérivé obtenu en partant de l'orthochlorphenol, ils fondent tous deux à 93°-94°. Cette recherche montre donc que le guajacol et par conséquent la brenzcatéchine appartiennent à la série ortho (1-2) et comme l'hydroquinone appartient, comme on l'a prouvé, à la série para (1-4). La résorcine doit appartenir à la série méta (1-3).

BOTANIQUE.

De Candolle, Alph. et Cas. Monographiæ phanerogamarum, Prodromi nunc continuatio nunc revisio. (Paris, Masson; 1 vol. 783 p. et 9 planches.)

Lorsqu'en 1873 M. Alph. de Candolle a terminé le 17me, et dernier volume du Prodromus, il a résumé l'histoire de cette immense publication qui s'est poursuivie pendant un demi-siècle et il a exposé les difficultés chaque jour plus grandes qui entravent maintenant la marche d'une œuvre de cette nature (« Prodromi historia, numeri, conclusio, » à la fin du 17me volume ; et « Réflexions sur les ouvrages généraux de botanique descriptive, » *Archives*, vol. XLVIII, p. 185). Il a montré qu'il est devenu à peu près impossible à un seul savant de concentrer entre ses mains la direction et la publication d'un grand ouvrage général de classification et de travailler en même temps à sa rédaction. Comme seul moyen d'arriver à la réalisation d'un but de cette nature, M. de Candolle indiquait une association entre grands établissements botaniques publics ou particuliers qui, travaillant d'après un plan uniforme, répartiraient entre eux les principales divisions du règne végétal.

Aujourd'hui M. de Candolle a bien voulu se remettre personnellement à la brèche et, assisté de son fils, profiter, dans l'intérêt de la science, de sa position exceptionnelle comme savant et comme ancien éditeur du Prodromus. Le nouvel ouvrage, dont le premier volume est aujourd'hui en vente, conçu sur un plan moins grandiose, échappe à quelques-uns

des principaux obstacles qui entravaient la marche du Prodromus. Simple collection de monographies, il n'est pas astreint à suivre un ordre déterminé et par conséquent tout travail complet, à quelque moment qu'il arrive, peut immédiatement trouver sa place, et d'autre part, le retard apporté à la rédaction de tel article important n'arrête pas la marche de la publication.

Grouper en un seul faisceau les efforts individuels des savants isolés, réunir ainsi des travaux de nature analogue qui resteraient dispersés, compléter petit à petit les premiers volumes maintenant insuffisants du Prodromus, préparer les matériaux d'une revue des monocotylédones, tel a été le plan général des éditeurs. Pour le réaliser la forme du Prodromus a été quelque peu modifiée; le format s'est agrandi; la faculté laissée à chaque savant de rédiger une introduction en langue vulgaire et d'ajouter quelques planches analytiques permet de répondre à toutes les exigences de la science moderne et en particulier de donner sur la structure anatomique, l'organogénie, la distribution géographique, etc., des détails qui rentrent difficilement dans des descriptions purement techniques. Cette importante publication sera donc, nous n'en doutons pas, accueillie avec l'attention et l'estime qu'elle mérite et prendra place dans toutes les bibliothèques à la suite du Prodromus.

Le premier volume renferme deux monographies de monocotylédones, celle des Smilacées par M. Alph. de Candolle et celle des Restiacées par M. Maxwell P. Masters et une de dicotylédones, celle des Méliacées par M. Casimir de Candolle. Cette dernière famille avait été examinée dans le premier volume du Prodromus; elle comptait alors 16 genres et 65 espèces. M. Cas. de Candolle énumère 35 genres et 566 espèces! D'autres travaux importants sont en préparation, en particulier la monographie des Aroïdées par M. le professeur Engler, qui formera le second volume, est maintenant sous presse.

M. M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1878.

Le 1er, forte rosée le matin.
5, forte rosée le matin.
6, rosée le matin.
7, id.
9, faible rosée le matin.
10, rosée le matin.
13, faible rosée le matin.
15, id.
17, id.
18, id.
19, id.
20, faible rosée le matin. Pendant toute la soirée, depuis 8 h., éclairs et tonnerres, à $9^1/_2$ h., forte averse mêlée de grêle. L'orage passe du Sud au Nord, à l'Est de l'Observatoire.
21, à $8^1/_4$ h. du soir, éclairs et tonnerres au Sud.
22, à 4 h. après midi, tonnerres à l'Ouest, quelques gouttes de pluie.
23, pendant toute la soirée, éclairs tout autour de l'horizon.
30, rosée le matin.
31, faible rosée le matin. Depuis 8 h. du matin, forte bise jusqu'au soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 5 à 8 h. matin	733,14
9 à 10 h. matin	729,00
11 à 10 h. soir	728,14
18 à 8 h. matin	733,47
22 à 8 h. matin	728,32
26 à 10 h. soir	725,11
31 à 10 h. soir	729,92

MINIMUM.

	mm
Le 3 à 6 h. matin	722,00
8 à 6 h. matin	726,46
11 à 6 h. matin	726,30
13 à 6 h. soir	723,80
21 à 6 h. soir	726,12
25 à 6 h. matin	722,41
27 à 2 h. après midi	723,38

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes Minim.	Fract. de saturation en millièmes Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	725,53	− 1,83	+18,90	+ 0,68	+10,2	+25,9	11,07	+0,60	676	− 13	480	800	...	...	variable	0,36	16,2	− 0,7	214,3
2	724,19	− 3,20	+18,65	+ 0,37	+15,1	+23,4	10,62	+0,12	678	− 10	470	820	1,6	3	SO. 1	0,83	15,8	− 1,2	215,5
3	723,59	− 3,82	+13,14	− 5,20	+12,0	+16,3	9,04	−1,49	818	+131	670	870	3,9	4	SSO. 1	0,99	14,3	− 2,8	215,7
4	730,55	+ 3,11	+12,29	− 6,11	+ 8,9	+16,9	7,39	−3,17	712	+ 26	500	900	5,1	4	NE. 2	0,52	11,8	− 5,4	216,6
5	732 30	+ 4,84	+14,12	− 4,33	+ 5,9	+20,5	7,80	−2,79	653	− 32	420	860	...	...	N. 1	0,02	13,7	− 3,6	217,1
6	729,73	+ 2,24	+17,77	− 0,73	+ 9,2	+24,1	8,74	−1,87	592	− 93	300	830	...	...	N. 1	0,00	15,8	− 1,5	215,5
7	727,63	+ 0,12	+21,31	+ 2,77	+14,3	+27,2	10,88	+0,24	601	− 83	360	990	...	...	OSO 1	0,59	...	.....	215,0
8	726,92	− 0,62	+16,78	− 1,81	+15,1	+23,2	12,41	+1,74	885	+202	610	940	4,6	4	NE. 1	0,78	16,9	− 0,6	212,4
9	728,54	+ 0,98	+18,54	− 0,09	+13,0	+23,5	11,22	+0,53	712	+ 30	500	910	...	...	N. 1	0,35	18,6	+ 1,0	212,9
10	727,45	− 0,13	+19,79	+ 1,12	+13,0	+25,0	9,80	−0,91	585	− 97	390	840	...	...	SO. 1	0,63	18,9	+ 1,3	212,4
11	726,76	− 0,84	+17,34	− 1,36	+15,3	+21,1	9,75	−0,98	677	− 4	500	800	1,1	1	SO. 2	0,86	16,3	− 1,4	209,9
12	726,97	− 0,66	+17,82	− 0,91	+13,6	+22,3	9,48	−1 27	633	− 47	500	800	...	...	variable	0,63	12,1	− 5,7	207,2
13	724,67	− 2,98	+17,69	− 1,07	+10,1	+23,9	10,52	−0,25	708	+ 28	480	880	...	...	N. 1	0,48	15,8	− 2,0	208,6
14	725,40	− 2,27	+19,62	+ 0,83	+13,6	+25,1	12,31	+1,52	720	+ 41	550	870	...	...	N. 1	0,23	...	.....	207,0
15	728,09	+ 0,40	+18,94	+ 0,13	+14,5	+23,8	11,45	+0,65	707	+ 28	520	780	...	...	N. 1	0,01	19,8	+ 1,8	208,3
16	730,81	+ 3,10	+17,96	− 0,87	+13,0	+22,6	10,65	−0,17	693	+ 15	580	750	...	...	N. 1	0,00	19,9	+ 1,9	208,6
17	731,84	+ 4,11	+18,84	− 0,01	+11,5	+24,6	10,26	−0,57	638	− 40	400	800	...	...	N. 1	0,00	19,9	+ 1,8	207,5
18	732,50	+ 4,76	+20,28	+ 1,41	+11,4	+27,9	11,01	+0,16	630	− 48	370	800	...	...	N. 1	0,00	19,8	+ 1,7	206,0
19	730,08	+ 2,32	+21,92	+ 3,04	+14,8	+28,1	13,72	+2,86	700	+ 22	490	850	...	...	N. 1	0,02	19,8	+ 1,6	204,9
20	727,55	− 0,23	+22,29	+ 3,40	+17,2	+27,3	15,06	+4,19	754	+ 77	580	820	4,1	1	N. 1	0,30	20,9	+ 2,6	207,1
21	727,09	− 0,70	+22,00	+ 3,11	+17,1	+28,4	15,10	+4,22	751	+ 74	620	890	0,3	1	N. 1	0,33	..	.....	210,0
22	727,41	− 0,40	+22,65	+ 3,75	+17,2	+28,2	15,08	+4,19	742	+ 65	520	880			N. 1	0,24	20,8	+ 2,4	208,5
23	725,99	− 1,82	+23,82	+ 4,92	+17,8	+30,0	12,90	+2,00	610	− 67	370	810	...	...	variable	0,50	20,8	+ 2,4	209,4
24	723,65	− 4,19	+19,62	+ 0,73	+16,1	+25,0	13,01	+2,11	776	+ 98	560	970	7,8	5	SSO. 1	0,71	20,3	+ 1,8	212,0
25	722,99	− 4,86	+15,96	− 2,93	+14,0	+20,2	11,45	+0,54	848	+170	700	900	3,3	4	variable	0,95	19,1	+ 0,6	215,2
26	724,74	− 3,12	+16,03	− 2,85	+13,2	+21,4	10,03	−0,88	757	+ 79	590	890	..	...	id.	0,68	18,8	+ 0,3	216,8
27	723,98	− 3,89	+15,58	− 3,29	+12,1	+23,0	12,17	+1,25	918	+240	590	1000	14,8	9	id.	0,96	19,8	+ 1,2	217,4
28	724,89	− 3,00	+18,86	+ 0,01	+14,2	+25,6	12,19	+1,27	754	+ 75	530	960	...	...	NE. 1	0,61	...	.....	214,0
29	725,15	− 2,75	+19,40	+ 0,56	+15,1	+25,0	12,07	+1,15	730	+ 51	550	830	...	...	N. 1	0,53	19,4	+ 0,8	211,8
30	726,46	− 1,45	+19,82	+ 1,00	+14,0	+26,9	11,13	+0,21	661	− 19	400	900	...	...	variable	0,46	20,2	+ 1,5	213,5
31	728,80	+ 0,88	+15,77	− 3,02	+10,4	+21,4	8,65	−2,27	661	− 20	450	860	...	...	NNE. 2	0,20	20,5	+ 1,8	210,2

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1878.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,79	728,01	727,93	727,68	727,50	727,19	727,13	727,33	727,79
2e »	728,86	728,96	728,85	728,55	728,18	727,84	727,76	728,03	728,67
3e »	725,86	725,95	725,84	725,60	725,21	724,96	725,22	725,61	725,99
Mois	727,45	727,59	727,48	727,22	726,90	726,61	726,65	726,95	727,44
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+13,94	+17,01	+18,64	+20,19	+21,00	+21,09	+19,97	+18,16	+16,09
2e »	+15,44	+18,94	+20,15	+21,79	+23,27	+23,90	+23,19	+20,76	+18,23
3e »	+15,99	+19,23	+21,27	+22,57	+23,58	+22,20	+21,04	+18,68	+17,70
Mois	+15,15	+18,42	+20,06	+21,55	+22,65	+22,39	+21,39	+19,18	+17,35
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	10,41	10,75	10,27	9,67	9,20	9,79	9,34	9,78	10,33
2e »	10,69	11,49	11,48	11,47	11,72	11,66	11,57	12,04	11,10
3e »	12,19	12,94	12,95	11,97	11,83	12,14	12,22	11,87	11,80
Mois	11,13	11,77	11,61	11,07	10,94	11,23	11,08	11,25	11,10
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	865	738	645	548	506	536	549	631	762
2e »	814	700	652	585	544	528	541	665	704
3e »	895	771	688	586	546	619	651	738	780
Mois	859	737	663	574	532	563	583	680	750

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+11,67	+22,60	0,51	+15,78	15,2	214,7
2e »	+13,50	+24,67	0,25	+18,26	5,2	207,5
3e »	+14,65	+25,01	0,56	+19,97	26,2	212,6
Mois	+13,32	+24,12	0,44	+18,00	46,6	211,7

Dans ce mois, l'air a été calme 0,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,75 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 12°,0 et son intensité est égale à 26,4 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1878.

Le 2, pluie le matin, brouillard le soir.
3, neige dans la nuit et le matin, brouillard et forte bise tout le jour.
4, forte bise tout le jour, brouillard jusqu'à 6 h. du soir.
5, forte bise depuis midi.
8, pluie et brouillard.
9, brouillard le soir.
10, id.
11, id.
12, brouillard le matin et le soir.
14, brouillard le soir.
15, id.
21, vers 8 h. soir, violent orage avec de fréquents coups de tonnerre.
22, brouillard le soir.
23, pluie le soir.
24, brouillard tout le jour.
25, pluie et brouillard; faible chute de neige dans la nuit suivante.
26, brouillard tout le jour par une forte bise.
27, id.
28, brouillard le matin et le soir.
29, brouillard le soir.
31, brouillard le matin et le soir; assez forte bise au milieu de la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 3 à 6 h. matin	561,34
Le 6 à 2 h. après midi	571,63		
		8 à 8 h. matin	566 97
9 à 10 h. soir	569,61		
		12 à 8 h. matin	566,31
18 à 10 h. soir	574,98		
		20 à 6 h. soir	570,81
22 à 10 h. soir	572,36		
		26 à 6 h. matin	562,70
26 à 10 h. soir	565,00		
		27 à 10 h. matin	562,87
31 à 10 h. soir	568,25		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.				
1	567,55	— 0,32	567,61	567,72	+ 8,85	+ 3,45	+ 4,4	+12,8	60	6,3	....	SO.	1	0,11
2	565,59	— 2,34	564,33	566,55	+ 5,72	+ 0,26	+ 4,0	+ 9,2	.....	8,2	....	NE.	1	0,88
3	561,94	— 6,04	561,34	562,78	— 0,90	— 6,42	— 2,2	+ 0,9	.....	.....	....	NE.	2	1,00
4	565,99	— 2,04	563 92	568,39	— 3,75	— 9,33	— 3,6	— 2,5	.....	.....	....	NE.	2	0,73
5	570,33	+ 2,25	569,17	571,24	+ 3,21	— 2,43	— 2,5	+ 6,3	.....	.....	....	NE.	2	0,01
6	571,17	+ 3,04	570,87	571,63	+ 8,73	+ 3,03	+ 6,8	+11,6	.....	.....	....	NE.	1	0,06
7	569,40	+ 1,22	568,57	570,61	+ 7,47	+ 1,72	+ 5,0	+12,6	.....	.....	....	NE.	1	0,50
8	567,46	— 0,77	566,97	568,32	+ 4,54	— 1,26	+ 3,6	+ 7,4	.....	12,4	.. .	NE.	1	0,89
9	569,08	+ 0,81	568,37	569,61	+ 6,19	+ 0,34	+ 2,5	+ 9,1	.....	.....	....	NE.	1	0,34
10	568,45	+ 0,14	568,23	568,82	+ 8,32	+ 2,42	+ 5,0	+11,3	.....	.....	....	NE.	1	0,56
11	566,68	— 1,67	566,49	566,90	+ 4,38	— 1,57	+ 2,5	+ 6,8	.....	.....	....	NE.	1	0,82
12	566,78	— 1,61	566,31	567,09	+ 4,26	— 1,73	+ 1,4	+ 8,3	.....	.....	....	NE.	1	0,74
13	566,77	— 1,66	566,64	567,19	+ 9,23	+ 3,20	+ 6,3	+13,1	.....	.....	....	NE.	1	0,17
14	567,63	— 0,84	566,96	568,55	+ 7,33	+ 1,26	+ 6,5	+10,4	.....	.....	....	NE.	1	0,49
15	569,36	+ 0,85	568,77	569,77	+ 8,12	+ 2,01	+ 6,8	+10,6	.....	.....	....	NE.	1	0,29
16	570,90	+ 2,35	570,10	571,99	+ 7,80	+ 1,66	+ 5,2	+10,4	.....	.....	....	NE.	1	0,05
17	573,43	+ 4,85	572,37	574,30	+11,66	+ 5,49	+ 8,9	+14,7	.....	.....	....	NE.	1	0,00
18	574,79	+ 6,18	574,48	574,98	+12,39	+ 6,19	+ 9,4	+15,7	.....	.....	....	NE.	1	0,00
19	572,85	+ 4,21	572,51	573,57	+12,37	+ 6,14	+ 9,7	+15,4	.....	.....	....	NE.	1	0,03
20	571,14	+ 2,47	570,81	571,80	+13,16	+ 6,90	+ 9,4	+16,0	....	.....	....	NE.	1	0,28
21	571,72	+ 3,02	571,44	572,00	+11,96	+ 5,67	+ 9,2	+14,7	.....	8,4	....	SO.	1	0,33
22	571,99	+ 3,26	571,67	572,36	+11,70	+ 5,39	+ 8,6	+15,4	.....	.....	....	SO.	1	0,48
23	569,76	+ 1,01	567,99	571,05	+12,44	+ 6,11	+ 8,4	+16,8	.....	7,8	....	SO.	1	0,55
24	565,57	— 3,20	565,33	566,62	+ 5,61	— 0,74	+ 5,2	+ 7,2	.....	.....	....	NE.	1	0,96
25	564,02	— 4,77	563,24	564,84	+ 4,77	— 1,60	+ 2,1	+ 6,4	.....	10,4	....	NE.	1	0,95
26	563,88	— 4,93	562,70	565,00	+ 0,56	— 5,82	+ 0,0	+ 2,0	.....	.....	....	NE.	2	1,00
27	564,10	— 4,73	562,87	565,43	+ 1,71	— 4,68	+ 0,9	+ 3,6	.....	.....	....	NE.	2	1,00
28	566,10	— 2,74	565,62	566,72	+ 3,70	— 2,70	+ 0,6	+ 7,8	.....	.....	....	NE.	1	0,74
29	567,08	— 1,77	566,74	567,83	+ 5,95	— 0,46	+ 4,3	+ 8,4	.....	.....	....	NE.	1	0,81
30	567,94	— 0,92	567,80	568,12	+ 6,57	+ 0,16	+ 4,5	+ 9,9	.....	.....	....	NE.	1	0,57
31	567,24	— 1,63	566,61	568,25	+ 1,85	— 4,56	+ 1,0	+ 4,1	.....	.....	....	NE.	2	0,66

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1878.

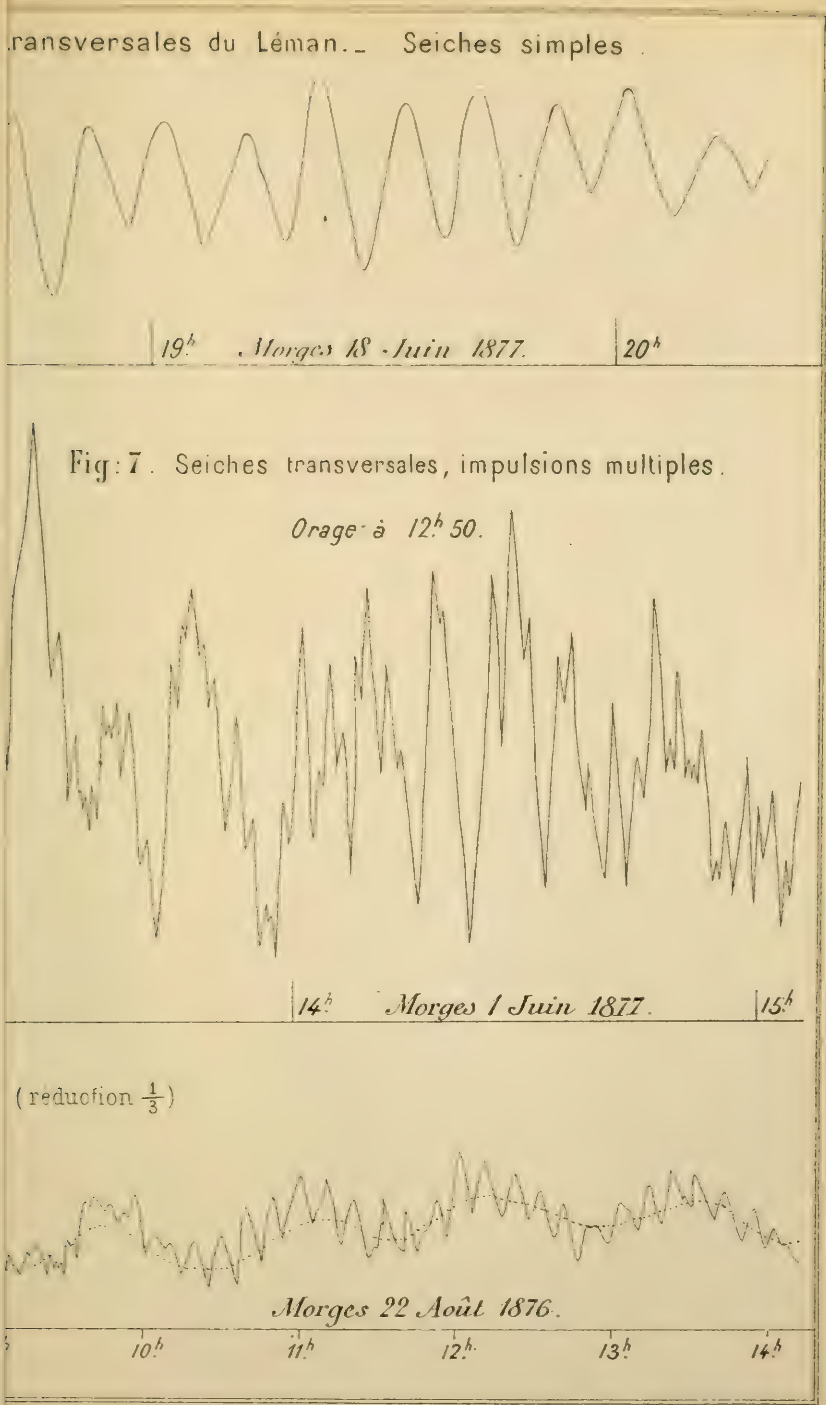
	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,42	567,52	567,58	567,68	567,70	567,79	567,90	567,95	568,03
2e »	569,72	569,78	569,92	570,04	570,07	570,09	570,12	570,34	570,51
3e »	567,23	567,21	567,15	567,24	567,26	567,21	567,25	567,32	567,40
Mois	568,09	568,14	568,18	568,28	568,31	568,33	568,38	568,50	568,60
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,90	+ 5,16	+ 6,48	+ 7,59	+ 7,23	+ 6,69	+ 5,98	+ 4,64	+ 3,71
2e »	+ 6,99	+ 9,24	+11,11	+11,85	+11,95	+11,10	+ 9,92	+ 8,64	+ 7,70
3e »	+ 4,77	+ 6,56	+ 7,34	+ 8,25	+ 8,57	+ 8,26	+ 6,87	+ 5,81	+ 5,08
Mois	+ 4,88	+ 6,97	+ 8,28	+ 9,20	+ 9,23	+ 8,67	+ 7,57	+ 6,35	+ 5,48

	Min. observé.	Max. observé	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 2,30	+ 7,87	0,51	26,9	60
2e »	+ 6,61	+ 12,14	0,29	—	—
3e »	+ 4,07	+ 8,75	0,73	26,6	—
Mois	+ 4,32	+ 9,56	0,51	53,5	60

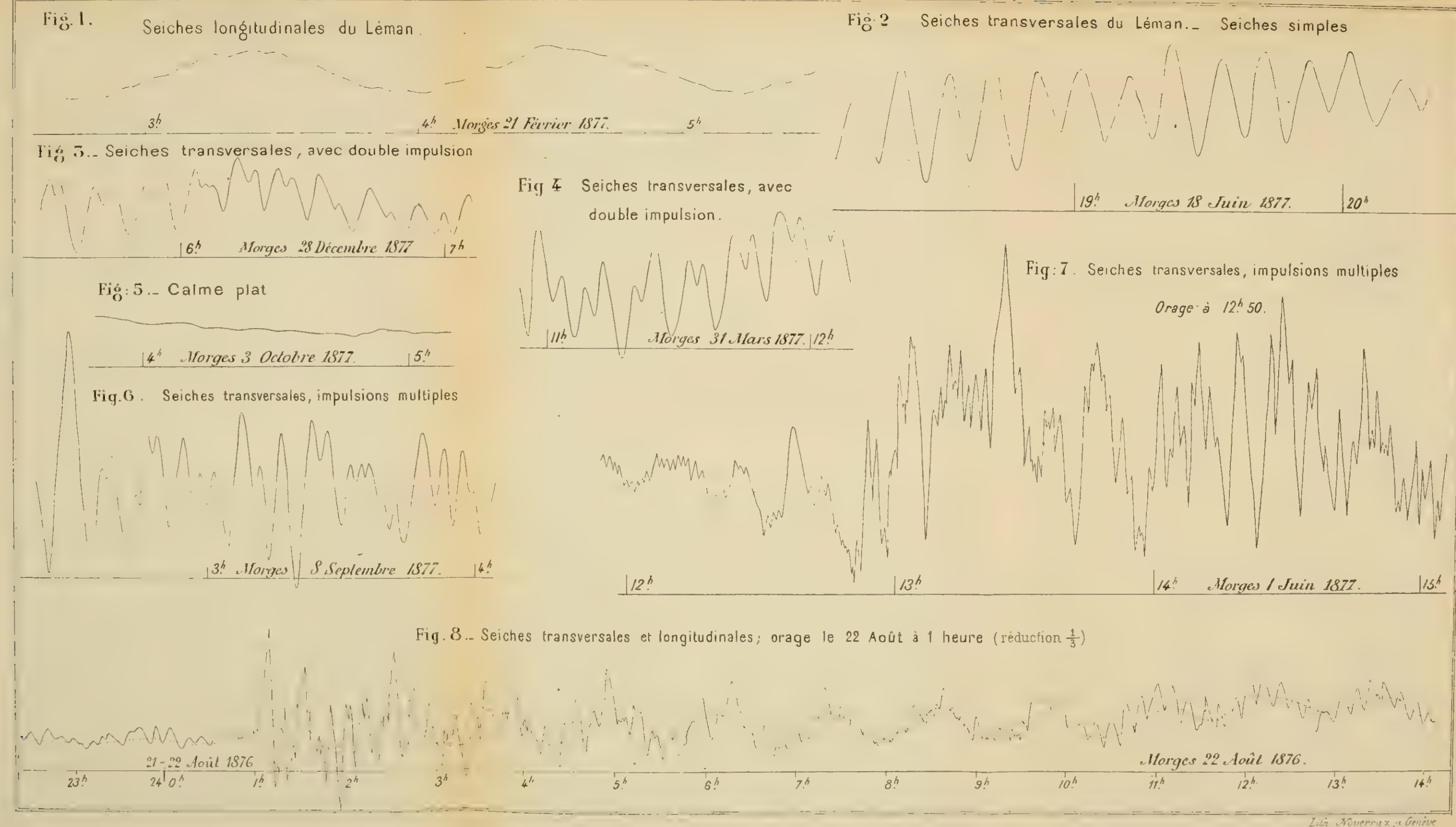
Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 6,38 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 86,7 sur 100.



Lith. Noverraz à Genève


Fig. 1. Seiches longitudinales du Léman.
3h
4h
Morges 21 Février 1877.
5h
Fig. 2 Seiches transversales du Léman. _ Seiches simples
19h
Morges 18 Juin 1877.
20h
Fig. 3._ Seiches transversales, avec double impulsion
6h
Morges 28 Décembre 1877
7h
Fig. 4 Seiches transversales, avec double impulsion.
11h
Morges 31 Mars 1877.
12h
Fig: 5._ Calme plat
4h
Morges 3 Octobre 1877.
5h
Fig. 6. Seiches transversales, impulsions multiples
3h
Morges
8 Septembre 1877.
4h
Fig: 7. Seiches transversales, impulsions multiples
Orage à 12h 50.
12h
13h
14h
Morges 1 Juin 1877.
15h
Fig. 8._ Seiches transversales et longitudinales; orage le 22 Août à 1 heure (réduction 1/3)
21-22 Août 1876
Morges 22 Août 1876.
23h
24 0h
1h
2h
3h
4h
5h
6h
7h
8h
9h
10h
11h
12h
13h
14h
Lith. Noverraz, à Genève

LES

CAUSES DES SEICHES

PAR

M. le Dr F.-A. FOREL,

Professeur à l'Académie de Lausanne

(SUITE ET FIN).

VIII

Une action que j'estime capable de provoquer des seiches peut se formuler ainsi : interruption subite d'une dénivellation continue par suite de la cessation du vent qui causait la dénivellation. Voici comment j'en comprends la théorie.

Un vent continu, en caressant la surface du lac, détermine un courant superficiel de l'eau dans la direction du courant d'air ; il en résulte accumulation de l'eau sur la plage vers laquelle le vent souffle, dépression de l'eau sur la plage d'où il vient ; il y a dénivellation, démontrable par des observations limnimétriques. J'ai indiqué ailleurs l'intensité de cette action [1] et décrit en particulier le plus bel exemple connu, dénivellation de 125 millimètres entre Morges et Genève, par la bise du 20 décembre 1877. Que les dénivellations de cet ordre soient causées par un courant superficiel de l'eau, cela se prouve par les variations de température de l'eau, laquelle se refroidit à la surface dans la région d'où vient le vent, par suite du remplacement des couches superficielles chaudes par des couches froides profondes ; cela se prouve aussi par l'existence d'un contre-courant profond, ramenant l'eau

[1] Contributions à l'étude de la limnimétrie du Léman, §§ XIII et XIX, IIme et IIIme séries. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, XV, p. 146 et 308.

en sens inverse de la direction du vent; ce contre-courant montre que la dénivellation ne résulte pas d'un état d'équilibre nouveau de l'eau, ou d'un déplacement de la résultante des forces statiques qui agissent sur elle.

Quoi qu'il en soit, si le vent vient à cesser brusquement, cette action mécanique étant supprimée, la dénivellation n'aura plus sa raison d'être et la surface du lac tendra à reprendre brusquement son niveau. Il y a là tous les éléments de la première impulsion d'une oscillation de balancement et, par conséquent, de la production des seiches.

Mais les chiffres mêmes que je viens de citer comme représentant l'intensité maximale de semblables dénivellations montrent que les seiches produites par cette action ne sauraient être bien fortes, même dans les circonstances les plus favorables, et j'avoue n'avoir aucun exemple à en citer dans les observations que je possède. Peut-être, à présent que mon attention est attirée sur ce point, en découvrirai-je à l'avenir.

IX

Comme cause possible de la production des seiches, j'indiquerai encore un coup de vent subit frappant obliquement sur le lac.

Un vent absolument horizontal glissant sur la surface de l'eau ne peut produire que la dénivellation par frottement dont je viens de parler; mais tout vent un peu incliné frappant obliquement le lac en déprimera la surface par compression directe. Sa force active se dédoublera en effet en deux composantes, l'une horizontale qui glissera sur l'eau, l'autre verticale qui refoulera le lac en le déprimant.

Si cette dépression est subite et passagère, il peut y avoir là l'origine d'une série de seiches.

L'existence de ces vents obliques est bien évidente, surtout dans les parties du lac où la côte est fortement inclinée: le fait de coups de vents brusques et passagers n'est pas douteux. Il y a donc là toutes les possibilités de la production de seiches par cette cause, et en réalité j'en possède quelques exemples qui me semblent démonstratifs (Seiches de Morges, 1er juin 1877, fig. 7).

X

Il est une forme spéciale du coup de vent qui mérite une étude particulière, car elle est la cause génératrice des plus fortes seiches: c'est le coup de vent vertical descendant de l'orage.

Tout d'abord, constatons les rapports des seiches avec les orages. Y a-t-il une relation entre les seiches et les orages? A cette question je dois faire, en me basant sur l'expérience, une réponse multiple:

1° Les orages ne sont pas toujours accompagnés de fortes seiches.

2° Parfois le début d'énormes seiches coïncide avec le commencement d'un orage.

3° Les plus fortes seiches que j'ai constatées dans mes deux années d'observations limnimétriques ont coïncidé avec le début d'orages violents.

4° La plupart des grandes seiches historiques ont coïncidé avec des orages.

Reprenons ces points.

Si je relève tous les orages qui ont frappé notre vallée depuis que mon limnimètre fonctionne, je constate qu'il

y a des cas assez nombreux dans lesquels le lac n'est pas entré en mouvement et n'a pas présenté de seiches extraordinaires. Dans ces circonstances, il est vrai, le lac n'est jamais au calme plat ; il y a toujours, en cas de mauvais temps, des seiches, et même des seiches assez compliquées ; mais dans les exemples que j'ai en vue il n'y a pas eu de seiches extraordinairement fortes, correspondant à la perturbation extraordinaire de l'orage.

L'orage n'est donc pas nécessairement la cause de seiches.

En revanche, si je cherche dans mes tracés les plus fortes seiches, les cas où les seiches ont commencé le plus subitement, ont, du premier coup, dès la première oscillation, été portées à une amplitude énorme, je trouve que tous ces cas coïncident avec le début d'un orage.

Je décrirai dans ses détails un exemple, celui des seiches de Morges du 22 août 1876 (v. fig. 8).

Dans la soirée du 21 août, le lac était relativement calme ; des seiches transversales de 1 à 2 centimètres se lisent seules sur les tracés du limnimètre. Tout à coup, le 22 août, à 1 h. 5 m. du matin, le lac est soulevé à Morges par une dénivellation violente ; il s'élève en 2 $^1/_2$ minutes de 6,5 centimètres au-dessus de son niveau moyen antérieur, puis il retombe en 5 minutes à 4 centimètres au-dessous de ce même niveau et une série de seiches transversales, assez irrégulières, dont la plus forte a une amplitude de 107 millimètres, commencent à se développer ; elles vont en diminuant d'amplitude jusqu'à 9 heures où de nouvelles impulsions surviennent et de nouvelles séries de seiches accidentent le tracé. En même

temps que ces seiches transversales, on voit se développer sur les tracés de Morges des seiches longitudinales de 3 centimètres environ d'amplitude, qui semblent avoir eu, à peu près, le même moment de début que les premières seiches transversales. Les oscillations très régulières des seiches longitudinales vont en décroissant insensiblement jusqu'au 23 août à minuit, moment où elles disparaissent sous l'ondulation d'autres seiches ; elles ont donc été reconnaissables à Morges pendant deux fois vingt-quatre heures de suite.

Qu'est-ce qui avait motivé cette violente apparition de seiches ? Voici ce que je lis dans le résumé des observations météorologiques de Genève : « Le 21 août, dans la soirée, éclairs continuels de tous les côtés de l'horizon ; à minuit 45 minutes, pendant une demi-heure, pluie torrentielle, accompagnée de violents coups de vent et d'éclairs, et tonnerres se succédant sans interruption [1]. » Donc, orage violent coïncidant avec le début des seiches.

L'orage du 21 août 1877, à 8 heures du soir, a donné exactement le même tracé, avec première impulsion en seiche ascendante ; la seiche transversale a atteint ce jour-là une amplitude de 124^{mm} [2].

D'autrefois, la première impulsion se traduit à Morges par une seiche descendante.

Je citerai encore sur les tracés de l'enregistreur de M. Ph. Plantamour, à Sécheron (Genève), les belles seiches longitudinales du 25 novembre 1877, à 12 heures 20 minutes.

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, LVII, 93.

[2] Ces seiches ont été figurées dans *la Nature* de Paris, VI, I, p. 240. Paris, 9 mars 1878.

D'une autre part, si nous remontons en arrière, je constate que les grandes seiches historiques ont presque toutes coïncidé avec des orages.

Je citerai avant tout, comme exemple, les seiches de Veinié, 2 et 3 octobre 1841. Vu l'importance de cette observation (ce sont les plus fortes seiches connues), je reproduis presque en entier la lettre où ont été transcrites les notes de M. Veinié, directeur de la machine hydraulique de Genève [1].

« La journée de samedi 2 octobre 1841, après avoir été couverte, s'est terminée par un orage violent; vers 7 $^{1}/_{2}$ h., les éclairs se succédaient sans laisser aucun moment d'intervalle ; une pluie accompagnée de beaucoup de grêlons de petite dimension tombait avec abondance. Pendant le peu de temps que dura cet orage (trois quarts d'heure environ), le lac éprouvait des variations de niveau fort rapides et fort considérables; aucune observation exacte n'a pu être faite au limnimètre du Grand-Quai qui accuse la hauteur du lac, ni à celui de la machine hydraulique qui détermine celle du Rhône, parce que ces variations étaient si grandes qu'elles dépassaient l'échelle de ces instruments.

« Dimanche, 3 octobre, à 4 h. du matin, un nouvel orage a éclaté, moins violent que celui de la veille ; cet orage a, comme le précédent, été accompagné de variations dans le niveau de la hauteur du lac ; on a observé le limnimètre, mais on n'a pas pu tenir compte des variations qui ne pouvaient être accusées par la raison ci-dessus mentionnée : ce n'est que depuis 5 h. qu'on a pu faire

[1] Lettre de M. Oltramare à M. Arago sur une seiche du lac de Genève. *Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris*, XIII, 829. 18 octobre 1841.

les observations exactes dont je vais donner les résultats.

« La hauteur moyenne du lac, vendredi et samedi, avant l'orage, était de 55 pouces (du pied de roi) au-dessus du zéro du limnimètre. A 6 $^1/_2$ h., le limnimètre marquait 90 pouces au-dessus du zéro, c'est le point le plus haut auquel on l'ait observé; à 9 h. 5 m., il marquait 21 pouces au-dessus du zéro, c'est le point le plus bas où on l'ait vu. En prenant la différence entre cette plus grande et cette plus petite hauteur, on trouve 5 pieds 9 pouces (1^m,87) [1], différence qui s'est effectuée dans l'espace de 2 $^1/_2$ heures. Jusqu'à ce jour, les plus grandes différences consignées dans les registres étaient celles du 26 juillet 1810, qui était de 26 pouces (0^m,71) et celle du 11 juillet 1837, de 24 pouces (0^m,65).

« De 6 à 10 heures, le limnimètre n'est pas resté un seul moment en repos; il a passé successivement par un grand nombre de variations, tant au-dessus qu'au-dessous de 55 pouces; on a observé cinq maxima principaux, accompagnés d'autant de minima, et les différences de niveau entre ces maxima et ces minima étaient de 45 pouces environ...

« Quant à l'état de l'atmosphère, à la surface de la terre soufflait un vent du nord assez faible, tandis qu'au contraire les nuages étaient violemment poussés par le vent du sud-ouest. La pluie tombait d'une manière continue, sans aucun tonnerre. (Le thermomètre marquait + 13° R.) Une circonstance fut remarquable, c'est que le baromètre n'a subi, pendant tout le temps de ces

1 Une faute d'un copiste m'a fait commettre une erreur de 10 pouces quand, dans ma 2me étude, j'ai donné l'amplitude des seiches de Veinié comme ayant atteint 2^m,15.

observations, aucune variation (il marquait 26 $^{3}/_{4}$ pouces)[1].

« A 3 h. après midi, il s'est fait sentir un coup de vent très violent et, au même moment, le niveau de l'eau s'est abaissé fortement, mais cependant beaucoup moins que le matin. »

Il y a donc eu coïncidence frappante entre les magnifiques seiches des 2 et 3 octobre 1841 et l'orage que décrit M. Oltramare.

Les seiches de Fatio de Duillier (16 septembre 1600) ont coïncidé avec un orage : « Depuis le matin jusqu'à 11 h. avant midi, après plusieurs grands tonnerres, le Rhône fit, en trois ou quatre reprises, une espèce de flux et reflux » etc.[2].

De même, les seiches de H.-B. de Saussure (3 août 1763) ont été précédées « par un orage considérable qui avait fondu à 3 $^{1}/_{2}$ h. sur la ville de Genève[3]. » Les seiches ont été observées un peu avant 5 heures.

De même encore, les belles seiches du 5 juillet 1788, de 60 centimètres d'amplitude, décrites par H. Bastard : « Le temps fut orageux entre 6 et 7 heures ; il y eut quelques tonnerres, beaucoup de vent et une forte pluie ; à 8 h., moment de calme pendant lequel j'observai cette seiche prodigieuse[4]. »

[1] Voici l'état du baromètre pendant les trois premiers jours d'octobre 1841, d'après l'observatoire de Genève.

	9 h. matin.	Midi.	3 h. soir.	9 h. soir.
	mm.	mm.	mm.	mm.
1er Octobre.	722,47	722,07	722,29	724,70
2 —	724,65	722,85	721,25	722,04
3 —	722,21	722,01	719,11	717,64

[2] Spon, *Histoire de Genève*. Genève, 1730, I, 417.

[3] *Histoire de l'Acad. royale des Sciences*. Paris, 1763, p. 18.

[4] *Journal de Genève*, 12 juillet 1788. Je dois communication de cette lettre à l'obligeance de M. Merle d'Aubigné de Genève.

Mon collègue et ami, M. J.-B. Schnetzler, me cite encore les fortes seiches du 7 octobre 1846, ayant coïncidé avec un violent orage, dans la soirée lugubre qui succéda au premier jour de la révolution de Genève.

La coïncidence de ces grandes seiches historiques avec des orages est, d'après ces citations, assez évidente, les exemples que je possède sur mes tracés de fortes seiches débutant exactement avec un orage sont assez nombreux; les seiches, dans ces cas, ont une amplitude tellement extraordinaire que je n'hésite pas à poser comme un fait que les orages sont parfois la cause des seiches.

Qu'est-ce qui, dans l'orage, peut causer la seiche ?

Mais, d'abord, qu'est-ce qu'un orage ?

Je le définirai : une perturbation violente, passagère et locale de l'atmosphère, caractérisée par un développement de nuages, par des chutes de pluie et de grêle, par des tonnerres et enfin par un coup de vent tempétueux.

L'on peut faire, à ce que je crois, rentrer dans cette formule générale tous les orages; mais comme, dans leur origine, leur développement, leurs allures et leur mécanisme les orages peuvent être fort différents, il y a lieu de faire une distinction.

Dans les dernières années, quelques météorologistes français et, à leur tête, MM. Marié-Davy et Faye, ont soutenu l'idée que l'orage n'est pas un phénomène local. Dans son étude sur les orages [1], M. Faye, se basant sur les orages du 13 juillet 1788, 28 juillet 1835, 10 octobre 1839, etc., nie absolument l'existence des orages

[1] Faye, Etude sur les orages. *Annuaire du bureau des longitudes de France* pour l'année 1877, p. 483 sq.

locaux ; il réserve le nom d'orage à des perturbations caractérisées par les phénomènes orageux, pluie, grêle, tonnerres, vent tempétueux, mais présentant en même temps les caractères des mouvements tournants, se déplaçant avec une très grande rapidité, et parcourant, dans leur marche dévastatrice, une grande étendue de pays. Sans mettre aucunement en doute les faits positifs invoqués par ces auteurs, et en acceptant avec eux l'existence du cyclone orageux ou ouragan, je suis obligé, pour nos régions montagneuses tout au moins, de maintenir l'existence de l'orage local.

Pour les nécessités de ma démonstration, j'adopterai la classification suivante :

I. Perturbations atmosphériques avec mouvement tournant.

1° *Cyclone,* défini comme je le fais ci-dessous.

2° *Ouragan,* cyclone orageux, orage de M. Faye.

3° *Trombe.*

II. Perturbations atmosphériques sans mouvement tournant.

Orage, orage local, comme je vais le définir.

Poursuivons ces deux groupes de phénomènes dans leurs caractères généraux, en nous en tenant, du reste, à ce qui peut nous être utile dans notre étude sur les causes des seiches, car il ne peut entrer dans mon plan d'entreprendre ici une dissertation de météorologie générale.

Pour ce qui regarde les mouvements tournants, ils sont trop difficiles à analyser, soit dans les trombes, soit même dans les ouragans ; la violence du phénomène est telle, que ses détails échappent presque à l'observation

directe ; je préfère adopter sans autre l'opinion soutenue avec tant de talent par M. Faye, que trombes, ouragans et cyclones sont des phénomènes analogues, mais dans des dimensions différentes, et, pour l'opposer à l'orage, je m'en tiens à l'étude du cyclone.

Le cyclone [1] est caractérisé par un fort abaissement de la pression atmosphérique, les pressions les plus faibles ayant lieu au centre du phénomène, par le déplacement de la perturbation qui s'avance dans un sens déterminé, et par l'existence de vents convergeant de toutes parts pour combler la faible pression centrale ; ces vents ont, en général, un mouvement giratoire, tourbillonnant dans un sens déterminé.

Ajoutons, enfin, que les cyclones sont, en général, accompagnés d'orages divers et nombreux qui éclatent sur toute la surface de la perturbation.

L'orage est une perturbation locale, peu étendue, temporaire, durant quelques heures à peine, n'étant souvent qu'un intermède au milieu d'une série de beau temps. Les orages présentent deux phases successives : premièrement, développement lent et progressif d'un nuage orageux ; deuxièmement, éclat de l'orage. La phase de l'orage proprement dit ou de l'éclat de l'orage est caractérisée par un fort abaissement de température,

[1] J'emploie le mot cyclone, en étendant à nos contrées la notion du mouvement tournant des pays tropicaux, pour désigner le même phénomène que M. Marié-Davy (*Les mouvements de l'atmosphère*, p. 399 sq. Paris, 1877) appelle bourrasque. Je préfère le mot cyclone, qui est actuellement généralement compris, à celui de bourrasque qui, dans la langue vulgaire, a une toute autre signification. Le mot de dépression, qui apparait fréquemment dans les bulletins des observatoires, a le même sens, mais il a l'inconvénient de ne rappeler que l'un des facteurs, le plus important, il est vrai, du cyclone.

par des chutes de pluie et de grêle, par des phénomènes électriques, foudre et éclairs, enfin par des coups de vent divergeant autour du centre de l'orage.

Ces différents facteurs peuvent se trouver réunis, alors l'orage est parfait; ils peuvent être isolés, ou bien l'un d'eux être prédominant, alors on a affaire à un orage de vent, un orage de pluie, un orage de grêle, un orage électrique.

Reprenons les détails des phénomènes pour les opposer les uns aux autres.

Dans l'orage, développement d'un nuage orageux, lequel peut avorter ou éclater en orage. Dans les mouvements tournants, les nuages n'ont point ces allures.

Dans le cyclone, chute du baromètre, d'autant plus grande que l'on s'approche plus du centre du phénomène; dans l'orage, hausse légère du baromètre.

L'orage est local, il se déplace peu ; le cyclone, l'ouragan, la trombe s'avancent, se déplacent, traversent un continent, un pays, une vallée, suivant l'étendue du phénomène.

L'orage ne présente pas le mouvement giratoire général qui caractérise les mouvements cycloniques.

Dans le cyclone, les vents inférieurs sont convergents; dans l'orage, ils divergent autour du centre du phénomène.

Les deux ordres de phénomènes sont donc essentiellement différents, et, pour l'étude de leur action mécanique, ils ne doivent pas être confondus.

Il est possible, et d'après mon expérience je dirai même : il est probable que les diverses perturbations orageuses de l'atmosphère, ouragans, trombes, orages

partiels éclatant dans l'aire d'un cyclone, orages locaux de nos beaux jours d'été, peuvent être, chacune à sa manière, la cause génératrice de seiches; mais il est fort difficile dans l'histoire rétrospective de séparer la nature et le mécanisme des phénomènes orageux qui ont causé telle ou telle série de seiches, et se sera notre tâche à l'avenir d'arriver à faire cette distinction si des circonstances heureuses nous favorisent. Pour le moment je vais me borner à chercher dans les composantes de l'orage local, tel que je viens de le définir, les conditions du développement des puissantes seiches que l'observation nous a montrées coïncidant avec les perturbations orageuses de l'atmosphère.

Dans l'orage, il y a différents facteurs : pluie, grêle, phénomènes électriques, variation de la pression, vents. Dans lequel de ces facteurs pouvons-nous retrouver l'impulsion mécanique nécessaire pour développer le mouvement de balancement des seiches ? L'analyse des cas où ces éléments de l'orage se sont présentés isolés, et la discussion théorique des possibilités m'amènent aux faits généraux suivants :

a) *Pluie.* Les orages de pluie n'ont aucun rapport apparent avec les seiches.

b) *Grêle.* Les orages de grêle sont souvent accompagnés de seiches; mais comme cette forme d'orage n'est jamais simple, que la grêle est toujours amenée ou projetée par un violent coup de vent, comme la chute des grêlons n'a, du reste, pas de rapport évident et compréhensible avec l'impulsion des seiches, nous n'attribuerons pas à la grêle les seiches qui accompagnent ces orages, mais nous leur chercherons une autre cause.

c) Les *orages électriques* sont souvent accompagnés de

fortes seiches. Sont-ce les phénomènes électriques qui en sont la cause? Nous avons déjà étudié ce point et écarté l'idée qui cherche la cause des seiches dans la rupture de l'attraction électrique au moment de la décharge de la foudre. Non-seulement les phénomènes électriques et les seiches ne coïncident pas nécessairement ensemble, mais, et c'est là l'argument principal, les seiches, en temps d'orage électrique, n'ont pas les allures que le raisonnement nous a conduit à leur décrire théoriquement.

d) Le *coup de vent* de l'orage est, selon nous, la cause la plus puissante[1] de la production des seiches. Arrêtons-nous un moment au mécanisme du coup de vent.

J'ai démontré, il y a un moment, qu'un coup de vent frappant obliquement la surface du lac pouvait produire une dénivellation, et, dans des circonstances favorables, occasionner des seiches. Il est évident que l'intensité de cette action sera d'autant plus grande que l'incidence du vent sera plus considérable et que cette action atteindra son maximum dans le cas d'un vent vertical descendant.

L'étude des phénomènes connus m'amène à avancer que, dans l'orage, il y a normalement un coup de vent vertical descendant. En effet, quand je considère un orage qui éclate dans le voisinage de l'endroit où je me trouve, je constate toujours l'existence d'un vent horizontal venant de la région centrale de l'orage; ce vent chasse l'orage vers les régions encore calmes et sereines. Du fait que ce vent à direction centrifuge s'observe toujours, quelle que soit la direction de l'orage, je conclus qu'il existe tout

[1] Ajoutons : parmi les causes normales; car le vent et l'avalanche, l'éboulement d'une montagne ou le tremblement de terre peuvent accidentellement produire des mouvements bien autrement puissants que les plus fortes seiches de nos orages.

autour de l'orage ; que, par conséquent, l'orage présente autour de lui des coups de vent divergents, s'irradiant loin du centre de la perturbation. Or, cette direction centrifuge est le caractère d'un vent de refoulement en opposition au vent d'appel, dont la direction est centripète. D'un autre côté, en épuisant la série des possibilités, on arrive à voir que, s'il y a refoulement de l'air, ce refoulement ne peut être produit que par la chute verticale d'une colonne d'air partant du nuage orageux et tombant sur le sol, où elle s'aplatit en s'irradiant et en devenant horizontale. Donc, dans la région centrale, au moment où éclate l'orage, il y a normalement un coup de vent vertical descendant.

Nous avons, dans des proportions plus petites, plus tranquilles, et par conséquent plus faciles à étudier, le même phénomène dans les *airs de pluie*. Chaque fois que, par un temps calme, un nuage éclate en pluie sur le lac, nous voyons s'irradier autour de cet orage en miniature de faibles coups de vent qui, partant de l'averse, vont en divergeant tout autour. Au moment de la condensation de la pluie, l'air s'est refroidi, s'est alourdi, est tombé sur le lac et, se buttant à la surface de l'eau, s'est aplati en devenant horizontal.

La même chose se passe dans l'orage parfait, l'orage à grêle et phénomènes électriques, mais avec une intensité infiniment plus forte. Que le coup de vent vertical descendant de l'orage soit des plus violents, c'est ce qui résulte de l'intensité souvent extrême du courant d'air horizontal ; le refoulement, qui a pu produire les coups de vent d'orage dont nous avons gardé le souvenir, a dû être d'une puissance extraordinaire. Mais comment se rendre compte d'une telle différence dans l'intensité du vent : dans les

airs de pluie des brises à peine sensibles, dans le vent d'orage une bourrasque qui brise et renverse tout? Sans vouloir expliquer le phénomène, j'en puis du moins montrer la probabilité par la considération du froid prodigieux qui se développe parfois au milieu de l'orage; je n'ai qu'à rappeler les chutes énormes de glaçons qui, dans les orages de grêle, montrent la disparition subite de millions et de millions de calories, par la production du froid nécessaire à la congélation de mètres cubes et de milliers de mètres cubes de glace. Ce froid excessif, qui gèle l'eau, refroidit l'air, le rend plus lourd[1], et le fait tomber en masse sur le sol[2].

L'on m'objectera que le coup de vent de l'orage n'est pas si extraordinairement froid que semble le demander cette théorie. A cela je répondrai en invoquant le réchauffement de cet air par sa compression et par le choc porté sur le sol.

Quoi qu'il en soit, je ne puis interpréter autrement le fait d'un vent horizontal divergeant autour de l'orage qu'en admettant le refoulement de l'air par une colonne

[1] La dilatation de l'air étant de 0,00367 par degré, si nous supposons de l'air à 30° passant à la température de — 10°, ce mélange gazeux se contractera de 0,147, soit environ du septième de son volume. Sa densité deviendra donc de $^1/_7$ plus forte.

[2] Quelle est la cause de ce froid énorme? Ici nous entrons dans le champ des hypothèses, et mon rôle n'est pas de les discuter aujourd'hui. Je ne puis cependant pas éviter de citer à cette occasion la belle hypothèse émise par W. Eisenlohr, et qui m'a été communiquée par mon collègue et ami M. L. Dufour, de Lausanne, lequel la tenait directement de son auteur. Eisenlohr supposait que dans le nuage orageux il peut y avoir transformation directe de la chaleur en électricité, de là le développement énorme d'électricité de certains orages, de là la disparition de chaleur, le refroidissement constaté par la chute de la grêle (et par le coup de vent de l'orage).

d'air descendant verticalement du nuage orageux. Cette colonne d'air descendante est capable de produire sur le lac, un choc d'une très forte intensité, et comme ce choc est très rapide, presque subit, j'y trouve les éléments voulus pour la production d'une première seiche.

Cette première seiche sera une seiche basse dans la région frappée, une seiche haute dans l'autre moitié du lac.

Si le coup de vent vertical, au lieu de tomber sur le lac, frappe la terre, alors il n'y a pas dépression à la surface de l'eau, et l'orage peut ravager notre vallée, sans que nous observions de seiches extraordinaires sur le lac.

Ce courant d'air vertical descendant est-il capable de produire les très fortes seiches observées au début des orages ? — Avons-nous les éléments pour calculer l'action d'un pareil vent descendant ? Non, pas directement. Tout ce que nous pouvons faire, c'est procéder par analogie.

Le coup de vent horizontal de l'orage a parfois une intensité considérable ; il est parmi les plus violents courants d'air qui agitent notre atmosphère. Nous pouvons admettre que le courant d'air vertical qui l'a causé est d'intensité analogue. Or, nous savons que dans les plus violents ouragans la pression du vent atteint 200 et 400 kilogrammes par mètre carré[1]; cela correspond à une pression manométrique de 20 à 40 centimètres d'eau. Si cela est, nous aurions donc dans le vent vertical une action suffisante pour expliquer largement les plus fortes seiches observées à Morges, de 109 et 124 millimètres de dénivellation, et en faisant intervenir l'action d'exagé-

[1] C. Flammarion, *l'Atmosphère*, 533. Paris, 1873.

ration due à la forme des côtes, nous aurions certainement une impulsion assez puissante pour déterminer les plus grandes seiches de Genève de 1^m, $1^m,5$, $1^m,9$ d'amplitude.

e) Y a-t-il variation de la pression atmosphérique pendant l'orage ? Dans quel sens cette variation a-t-elle lieu ?

Les auteurs que j'ai pu consulter sont très peu explicites sur cette question et sont souvent en désaccord. J'en conclus que, s'il y a variation de pression pendant l'orage, elle est peu évidente et peu considérable. Mon collègue, M. J. Marguet, de Lausanne, m'a résumé la question en disant qu'au moment de l'orage il y a une légère hausse du baromètre, de quelques dixièmes de millimètre, allant jusqu'à 1^{mm} et même $1^{mm},5$ de mercure. Je crois la chose probable et elle est conforme à l'hypothèse d'un vent de refoulement partant du centre de l'orage ; tout vent de refoulement implique, en effet, une certaine compression de l'air et est, par conséquent, accompagné d'une légère hausse du baromètre.

Mais il doit y avoir plus. Dans la région centrale de l'orage, le courant d'air descendant en venant se butter contre le sol doit occasionner, si mon hypothèse est exacte, une hausse d'un caractère particulier ; en effet, avant que l'air refoulé par la colonne d'air descendante ait eu le temps de fuir et de se dérober sous la forme d'un vent horizontal centrifuge, il doit subir une compression d'autant plus forte que le choc porté est plus intense ; cette compression doit se traduire par une hausse rapide et assez forte du baromètre. Cette hausse doit être de peu de durée ; en effet, le coup porté par la chute de la colonne descendante est presque instantané et le courant

d'air de refoulement s'écoule presque immédiatement avec violence. Cette hausse assez importante, presque subite et de peu de durée, ne doit pas différer beaucoup de ces secousses du baromètre que nous avons vu exister dans les cas de vent de tempête ; elle doit seulement être plus forte, car les conditions de sa production sont encore plus favorables que dans la rafale d'un vent horizontal qui vient se heurter contre la façade d'une maison.

Cette hausse barométrique a-t-elle été constatée au centre de l'orage ? Je n'ai pas connaissance d'observations positives qui la démontrent; je regrette de ne pas apporter de preuves directes à l'appui de ma supposition, mais leur absence ne m'émeut guère.

En effet, les circonstances dans lesquelles ces allures du baromètre pourraient être observées ne se présentent que rarement. Les orages ne sont pas fréquents dans nos climats; la région centrale de l'orage doit être relativement peu étendue; le nombre des baromètres n'est pas infiniment grand, surtout celui des baromètres entre les mains de physiciens capables de reconnaître une perturbation aussi fugitive; enfin, les baromètres ordinaires ne sont pas toujours en observation, et une variation aussi passagère que celle dont nous nous occupons ne saurait guère être constatée avec sûreté que sur les tracés d'un baromètre enregistreur. Combien y a-t-il de baromètres enregistreurs en Europe ? Combien sont faibles les chances que l'un de ces instruments se trouve précisément au centre d'un orage !

En avouant donc que cette partie de ma démonstration n'est fondée que sur du raisonnement théorique et que les faits d'observation me font absolument défaut, je me permets de recommander tout spécialement l'étude des

allures du baromètre aux observateur qui, par un heureux hasard, auront l'occasion de se trouver dans la région centrale d'un orage local. La marche du baromètre jugera la valeur de mon hypothèse.

Quoi qu'il en soit, les variations de la hausse barométrique, constatées pendant l'orage, ne peuvent être qu'un effet du mouvement mécanique de l'air ; elles ne sauraient, par conséquent, pas être rangées parmi les causes directes des seiches.

De l'étude des différents facteurs de l'orage, il résulte le fait que le coup de vent vertical descendant est seul capable de produire les fortes seiches que nous avons constatées [1] ; c'est à lui que nous attribuerons donc l'impulsion génératrice de ces seiches.

C'est ce que je résumerai dans les trois points suivants :

1° Il y a parfois développement d'énormes seiches au moment où frappe l'orage.

2° Il doit y avoir au centre de l'orage un coup de vent vertical descendant qui peut frapper le lac normalement à sa surface et y déterminer une forte dépression locale, première impulsion d'une série de seiches. L'intensité du coup de vent horizontal prouve la puissance du coup de vent vertical et rend compte de la forte amplitude des seiches.

3° Il est des cas bien constatés où des orages, sévissant dans notre vallée, n'ont pas occasionné de seiches extra-

[1] Inversement je pourrais dire : les très fortes seiches en temps d'orage ne peuvent avoir d'autre origine qu'un coup de vent vertical descendant, et chercher dans l'existence des seiches une preuve de la théorie de coup de vent vertical descendant au centre de l'orage.

ordinaires. Cela s'explique par le fait que le coup de vent vertical de l'orage peut frapper parfois sur la terre ferme et non sur le lac.

Et je conclurai en disant :

I. Les seiches peuvent être causées par le coup de vent vertical descendant de l'orage.

II. L'observation nous apprend que les plus fortes seiches coïncident avec l'orage.

XI

Les seiches et les cyclones. De tous temps, les bateliers du lac Léman ont connu dans les seiches un signe assuré du mauvais temps. Depuis que nous étudions la question, Vaucher, M. Ch. Dufour et moi-même, nous sommes confirmés dans cette opinion, et les deux années d'observations exactes que me fournissent mes tracés limnimétriques me permettent de préciser cette donnée : voici, en effet, comment les choses se passent généralement.

Dans les périodes de beau temps, dans ces belles séries de beaux jours où le calme général de l'atmosphère est prouvé par l'existence des brises régulières qui agitent à peine localement l'air, le lac est au calme plat au point de vue des seiches; pendant des semaines entières dans ces conditions, les seiches peuvent être nulles ou presque nulles. Mais, le temps vient à changer, un cyclone approche de notre pays, le baromètre commence à baisser, des cirrhus qui apparaissent dans les régions supérieures de l'atmosphère indiquent un courant d'air général qui bientôt descendra jusqu'à la surface de la terre. Les seiches se montrent alors, et, sur mes tracés de

Morges, je commence à voir des seiches transversales de 1 à 2 centimètres. A mesure que les symptômes généraux s'aggravent, que le vent augmente d'intensité, que des nuages de pluie crèvent sur les montagnes, que des orages locaux éclatent sur la vallée, les seiches deviennent plus fortes, leur amplitude augmente, le nombre des impulsions se multiplie, les séries de seiches empiètent les unes sur les autres, et leur interférence accroît l'irrégularité des oscillations. Quand le centre du cyclone est sur notre lac, les seiches sont à leur maximum, et ce n'est qu'au fur et à mesure que la bourrasque s'éloigne de notre pays que, le nombre et l'intensité des impulsions nouvelles diminuant progressivement, le lac rentre petit à petit en repos. De même que les lames survivent longtemps au coup de vent qui les a soulevées, de même les seiches oscillent encore longtemps après le passage du cyclone.

Les seiches sont donc fortes en temps de cyclone. Qu'est-ce qui, dans cette perturbation, peut causer ces seiches ?

Le cyclone en lui-même est un phénomène trop étendu, trop considérable en surface, pour que je lui trouve les éléments voulus pour une ou plusieurs impulsions mécaniques à la surface d'un lac. Mais, dans ses composantes, il en est plusieurs que nous avons vues être capables de produire des seiches. Un cyclone est, en effet, caractérisé :

a) Par une forte diminution de la pression atmosphérique, variable suivant la distance du centre du phénomène, et se déplaçant avec lui ; de là, variations nombreuses et rapides de la pression — première cause de seiches.

b) Par des vents tempêtueux convergeants vers le centre du phénomène. Ces vents peuvent devenir obliques en glissant sur les côtes inclinées du lac — deuxième cause de seiches.

c) Par des orages locaux nombreux et divers, orages de vent, orages de pluie, orages électriques, orages parfaits, — troisième cause de seiches.

Sans prolonger autrement cette discussion, l'on m'accordera qu'il y a là des éléments divers et multiples suffisants pour expliquer les seiches dans les périodes de cyclones et de mauvais temps. Il y a justification très satisfaisante de la loi qui constate que *les seiches sont fortement développées en temps de cyclone*, loi qui s'exprime d'une manière plus populaire en disant : *les seiches sont fortes par le mauvais temps et faibles par le beau temps.*

Cette conclusion s'harmonise très bien avec celle que nous avons tirée plus haut, que les seiches sont plus fortes quand le baromètre est bas que quand il est élevé ; je n'ai pour justifier ce dire qu'à rappeler l'état du baromètre en temps de cyclone.

XII

Les seiches, les ouragans et les trombes. Quels sont les rapports entre ces phénomènes ? Y a-t-il dans ces perturbations cycloniques de petites dimensions des éléments d'impulsions mécaniques pouvant devenir génératrices de seiches ? Je le crois. Ces perturbations sont tellement violentes, tellement rapides, qu'elles doivent pouvoir produire des dénivellations temporaires, premier mouvement des seiches. En particulier, la dépression

barométrique énorme, qui a été signalée dans quelques cas [1], doit agir d'une manière puissante.

Le seul exemple que je puisse citer est celui du 24 mai 1878. La terrible perturbation qui a frappé les bords du lac, entre 5 et 6 heures du soir, a présenté tous les caractères des mouvements cycloniques. A Morges, je suis assuré qu'il y a eu une véritable trombe. En effet, suivant un axe parfaitement évident, l'on a vu des arbres puissants être brisés, renversés ou déracinés, les branches tordues et arrachées, des cheminées démolies, etc., tandis que, à un kilomètre à droite et à gauche de cet axe, l'air était presque calme; d'après la description d'un observateur, il y aurait eu le développement de la colonne, en entonnoir évasé, d'une trombe. Avec ce phénomène a coïncidé le début de très belles seiches transversales, peu compliquées, qui ont atteint, à Morges, une amplitude de 7 centimètres. La relation entre les deux faits me semble incontestable; mais, en l'absence d'un nombre suffisant d'exemples qui me permettent les comparaisons indispensables, je n'ose pas encore me prononcer d'une manière définitive et je renvoie ce point à une époque où j'aurai assez de matériaux positifs.

XIII

Les seiches et l'orage. En résumé, pour ce qui regarde les rapports de l'orage avec les seiches, je trouve deux faits bien prouvés et incontestables.

1° Les plus fortes seiches de nos lacs sont causées par l'orage, dans le sens le plus étendu de ce mot.

[1] Trombe de Monville, par exemple, du 19 août 1845. Le baromètre était brusquement descendu de 760 à 705 millimètres. C. Flammarion, *l'Atmosphère*, p. 582. Paris, 1873.

2° L'orage, ou mieux dit, les perturbations orageuses de l'atmosphère ne sont pas toujours accompagnées de seiches.

A côté de ces faits démontrés, je trouve des questions importantes qui sont seulement posées :

Quelle est la forme des perturbations orageuses qui produit le plus spécialement, ou le plus puissamment, les seiches ? Sont-ce les mouvements cycloniques que nous avons appelés ouragans et trombes ? Sont-ce les orages accidentels qui apparaissent si fréquemment en été dans l'aire d'un cyclone ? Sont-ce les orages locaux de nos régions montagneuses, dont le nuage orageux se prépare sur chaque cime à la fin de chaque beau jour d'été, et après avoir avorté pendant quelques jours et s'être dissipé à la chute du crépuscule, finit par éclater bruyamment ?

Cette question n'est pas encore résolue et elle demandera bien des années d'observations difficiles, délicates et persévérantes avant d'obtenir sa réponse définitive.

Quand cette réponse sera donnée, alors et seulement alors, on pourra juger la question du mécanisme de l'orage dans la production des seiches, et décider si l'hypothèse que je viens de proposer du coup de vent vertical descendant suffit pour expliquer toutes les impulsions des seiches en temps d'orage, ou bien s'il y a lieu de faire intervenir d'autres actions mécaniques, encore aujourd'hui mal séparées et mal définies.

Si maintenant je reviens en arrière et si j'essaie de retrouver, dans ce chapitre, les faits qui me semblent démontrés, j'indiquerai, parmi les perturbations de l'atmosphère, les causes suivantes pouvant déterminer les seiches :

1° Les variations locales et rapides de la pression atmosphérique.

2° La rupture de la dénivellation produite par un vent continu.

3° Un coup de vent frappant obliquement la surface du lac.

4° Le coup de vent vertical descendant de l'orage frappant le lac normalement à sa surface.

5° Un ouragan ou une trombe sévissant sur le lac.

6° Le coup de vent de l'avalanche ou de l'éboulement d'une montagne.

7° L'éboulement d'une montagne dans le lac.

Et d'une manière générale je dirai que toute perturbation de l'atmosphère peut, dans des circonstances favorables, être l'origine d'un mouvement de seiches.

Chapitre IV.

La cause des seiches cherchée dans les tremblements de terre.

Les secousses portées sur un vase peuvent, dans certaines circonstances, provoquer un mouvement de balancement de l'eau contenue dans ce vase. Le fait est incontestable, et la plus vulgaire expérience le démontre.

Que le mouvement du balancement de l'eau puisse résulter d'une secousse apportée au vase, c'est ce que nous voyons tous les jours dans un verre d'eau ou dans une cuvette.

Que toute secousse portée sur le vase ne mette pas nécessairement l'eau en balancement, c'est ce qu'on peut vérifier en imprimant à un bassin plein d'eau un mouve-

ment ou trop lent, ou trop brusque, ou un mouvement d'ensemble dans le sens vertical, soit en montant, soit en descendant, ou une secousse trop faible qui n'entraîne pas l'eau dans un mouvement appréciable.

Il en est de même des secousses plus considérables qui ébranlent la terre elle-même, des tremblements de terre qui mettent en mouvement tout le pays et, par conséquent, les parois des bassins dans lesquels reposent les lacs et les mers. Ces secousses se propagent parfois à l'eau elle-même ; d'autres fois elles la laissent immobile.

Y a-t-il réellement des rapports entre les seiches et les tremblements de terre?

Interrogeons à ce sujet l'expérience et l'observation.

L'eau est parfois mise en mouvement par les tremblements de terre. C'est ce qui résulte de l'histoire trop souvent lugubre des ras-de-mer ou ras-de-marée d'origine sismique.

Prenons d'abord nos exemples dans l'Océan. Je copie une page de E. Reclus [1].

« Lorsque de violentes secousses agitent le sol, les villes situées sur le bord de la mer ont eu souvent beaucoup plus à souffrir de la soudaine irruption des eaux que de l'agitation de la terre elle-même ; que les vagues aient reçu le choc des côtes voisines, ou bien que le centre d'ébranlement se trouve au fond même de l'Océan, les masses d'eau se redressent à une hauteur formidable et se ruent sur les rivages comme pendant les ouragans. En 1763, à l'heure où la secousse des Calabres renversait les villes et les villages sur le continent, un terrible raz-de-marée, après avoir balayé deux mille personnes réu-

[1] E. Reclus, *La Terre*, I, 684. Paris, 1874.

nies sur la plage de Scylla, s'engouffra dans le port de Messine, y coula tous les navires et démolit en partie la rangée de palais qui bordait le rivage; plus de douze mille individus périrent, dit-on, sous les ruines. Le 7 juin 1692, lors du tremblement qui agita la Jamaïque et les mers voisines, les vagues se précipitèrent à l'assaut de la ville de Port-Royal et, dans l'espace de trente minutes, recouvrirent plus de deux mille cinq cents maisons d'une couche de dix mètres d'eau ; les navires furent jetés çà et là dans les campagnes, et la frégate *Swan* vint échouer sur un fort. De même, d'après le témoignage d'Acosta, la terrible vague qui démolit Callao, en l'année 1586, et qui lança un grand navire sur la route de Lima, à 16 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer, aurait eu la hauteur totale de 27 mètres. » « Dans le grand tremblement de terre de Lisbonne (1er novembre 1755), un mur d'eau de 17 mètres de haut se dressa à l'embouchure du Tage, remplit l'estuaire, dépassa les quais de la ville et se rua dans les maisons. » Citons encore la destruction récente d'Arica, au Pérou, 13 août 1868, et celle d'Iquique, sur la côte du Pacifique aussi, le 9 mai 1877.

Citons encore l'exemple donné par Arago[1] pour justifier son opinion que les seiches peuvent être causées par des tremblements de terre. Après avoir rappelé le raz-de-mer du tremblement de terre de Lisbonne, il ajoute : « Le tremblement de terre, beaucoup moins fort, du 31 mars 1761, donna aussi lieu à une semblable agitation de vagues, à Lisbonne, à Madère, à Cork, à Mount's Bay (Cornouailles), à Bristol, à Amsterdam et même à la Barbade. A Mount's Bay, la mer s'éleva de deux mètres et

[1] F. Arago, *Œuvres complètes*, IX, 580. Paris, 1857.

reprit son niveau cinq fois de suite, dans le court espace d'une heure. »

Voyez encore le chapitre intitulé *Les mouvements de la mer*, dans l'ouvrage de Fuchs sur les volcans[1].

Ce n'est pas seulement la mer qui est agitée par les tremblements de terre. Les bassins fermés des lacs ne sont pas à l'abri de ces mouvements.

Dans une énumération des tremblements de terre connus en Suisse, avant l'an 1756[2], je trouve les faits suivants :

Le 1er mars 1584, tremblement de terre dans toute la Suisse et les pays voisins. « Le lac Léman, agité sans vent, s'élance dans les terres plus de vingt pas[3]. »

« Le 16 septembre 1600, le cours du Rhône, près de Genève, fut suspendu par un tremblement de terre. Le terrain, dans l'endroit d'où le Rhône sort du lac, fut soulevé ; ce soulèvement et l'abaissement qui succéda donnèrent lieu à un flux et à un reflux[4]. » Ce sont les célèbres seiches de 5 pieds de haut, décrites par Fatio de Duillier[5].

Le 8 septembre 1601, tremblement de terre dans toute la Suisse et les pays voisins. « Le lac Léman fut ému. »

[1] K. Fuchs, *Les volcans et les tremblements de terre*, p. 129 sq. Paris 1876.

[2] E. Bertrand, *Mémoires historiques et physiques sur les tremblements de terre.* La Haye, 1757.

[3] Ibid., p. 48.

[4] Ibid., p. 50.

[5] Au sujet de cette observation, je dois faire une réserve. Le tremblement de terre indiqué par Spon dans son *Histoire de Genève*, I, 417, et admis par Bertrand, n'a été confirmé par aucun autre auteur et n'est basé que sur l'existence des seiches. J'estime plus probable que les seiches ont, comme je l'ai dit plus haut, été causées par l'orage qui a éclaté au moment même du commencement des oscillations de l'eau.

A Lucerne, le cours de la Reuss fut interrompu, en sorte qu'une partie tombait dans le lac et l'autre partie rebroussa, et qu'on aurait pu passer à sec dans le lit pendant un instant[1].

Le 1er septembre 1666. Tremblement de terre, à Arbon, au lac de Constance : « Les eaux du lac s'avancèrent sur le rivage de plus de 25 à 30 pieds et se retirèrent subitement[2]. »

Le 13 janvier 1729. Tremblement de terre dans le canton de Berne. « Sur le lac de Thoune, des bateaux furent poussés avec violence sur les bords[3]. »

Le 1er novembre 1755, le tremblement de terre dit de Lisbonne fut ressenti en Suisse. « Le lac Léman eut, environ les dix heures du matin, du côté de Vevey, la Tour, Chillon, Villeneuve, un mouvement sensible. Trois fois, ses eaux montèrent brusquement et se retirèrent de même. Une barque partie de Vevey, allant à pleines voiles, recula tout à coup. On n'a rien aperçu du côté de Morges ni de Genève[4]. »

« Des pêcheurs qui étaient sur le lac de Nidau sentirent leur petit bateau emporté et ramené par une sorte de courant, et soulevé ensuite par des flots alternatifs, quoiqu'ils n'aperçussent aucun vent extérieur. »

« Les lacs de Brienz et de Thoune, surtout le premier, s'avancèrent successivement sur le rivage et s'en éloignèrent ensuite ; le cours de l'Aar, sortant du premier pour entrer dans le dernier, parut un instant retardé. »

Dans le petit lac de Seedorf, « l'eau haussa tout à

[1] Bertrand, loc. cit., p. 51.
[2] Ibid., p. 66.
[3] Ibid., p. 96.
[4] Ibid., p. 105.

coup et baissa ensuite, se remettant comme auparavant [1]. »

« Le lac de Zurich, surtout le lac supérieur, au-dessus de Rapperswyl, fut agité et soulevé sans aucun vent extérieur. Il haussa différemment de 6, de 10, jusqu'à 12 pieds. Les phénomènes durèrent 6 à 7 minutes. A Mänedorf, à Meilen, à Ruschikon, à Horgen, ce même lac y a été jeté, à plusieurs fois, loin de ses bords [2]. »

Le lac de Constance, près de la ville de Stein, parut aussi s'élever de plusieurs pieds, et le Rhin, qui en sort près de ce lieu, s'accrut pour quelques instants.

« Le lac de Wahlstat (Walenstadt), dans le comté de Sargans, fut aussi élevé pour quelques moments; le lac parut agité du sud au nord [3]. »

« Les lacs de la Suisse n'ont pas été les seuls à se ressentir de l'émotion des eaux intérieures par le tremblement de terre du 1er novembre 1755. Près de Salzungen en Thuringe, est un petit lac; son eau se perdit entièrement par une ouverture qui lui apporte ordinairement ses eaux. Quelques moments après, elle revint avec impétuosité, elle se perdit de nouveau et reparut alternativement à plusieurs reprises, la violence diminuant chaque fois. On a observé les mêmes agitations dans les eaux de plusieurs lacs des environs de Berlin, aussi bien que dans celles de divers lacs dans les pays du nord [4]. »

Je trouve ailleurs que, lors du tremblement du 1er novembre 1755, le lacs de Templin, Netzo, Mahlgau, Roddelin, Lobbe dans le Brandebourg, le lac de Malchow dans

[1] Bertrand, loc. cit., p. 107.
[2] Ibid., p. 110.
[3] Ibid., p. 111.
[4] Ibid., p. 108.

le Mecklembourg et le lac de Stechlin, à l'ouest de Furstemberg, montrèrent des mouvements inaccoutumés[1].

Nous venons de voir que l'eau des mers et des lacs peut entrer en mouvement; que son niveau s'élève et s'abaisse subitement au moment du tremblement de terre; que, pour employer une terminologie plus précise, il y a dénivellation[2] locale, brusque et subite. Il y a plus: des observations très authentiques montrent que, sous l'action du tremblement de terre, l'eau peut entrer en état d'oscillation; que la vague la transmet sous la forme d'une ondulation, à travers l'Océan. Je n'ai qu'à rappeler, pour démontrer ce dire, les vagues du tremblement de terre d'Arica (août 1868), qui ont traversé le Pacifique et sont venues battre les côtes de la Nouvelle-Zélande et de l'Australie, à 110 degrés de distance du Pérou. Voici, de ce fait, une description tirée d'une lettre de M. B. Petersen, consul du Danemark a Christchurch[3].

« Les habitants du port Lyttleton furent, le 15 août 1868, au matin, pris par une panique causée par un flux et reflux extraordinaires dans le port. A quatre heures du matin, le port se trouvait tout à fait desséché. Quelques minutes après, on a entendu un bruit épouvantable comme du tonnerre et vu une lame immense entrer dans le port. L'eau continua à baisser et remonter rapidement pendant plusieurs heures. A six heures, elle était au-dessous de la marée la plus basse, et, 16 minutes après, elle était plus haute qu'à la mer haute. A 9 h. 30, une

[1] Klöden, *Beiträge zur meteorologischen Kentniss der Mark Brandenburg*, 1837.

[2] F.-A. Forel, *Contributions à la limnimétrie du lac Léman*. IIe série, § VI, p. 1.

[3] Figuier, *Année scientifique*, XIV, p. 353. Paris, 1870.

seconde lame est entrée dans le port, suivie par des ondulations rapides, parfois de 1 mètre dans 5 minutes.

« Le même phénomène a été observé sur toute la côte est de la Nouvelle-Zélande. A Bluff, entre 8 et 9 heures, l'eau s'est élevée brusquement, quoique la mer haute ne dût avoir lieu qu'à 10 h. 27. A 11 h., l'eau tombe de $0^{m},5$ en 20 minutes et remonte peu de temps après, » etc.

Ces oscillations n'étaient autre chose que les vagues de transmission (*tidal waves*) du grand tremblement de terre du 13 août qui avait ravagé Arica ; elles ont été se dessiner au marégraphe de Sydney et sont restées sur ses tracés comme preuve de l'existence des mouvements ondulatoires de la mer, causés par les tremblements de terre [1].

Je citerai encore la vague de transmission du tremblement de terre du 9 mai 1877 qui, partie d'Iquique, au Pérou, est allée ravager les îles Sandwich [2].

Je citerai, enfin, la phrase suivante d'un rapport de M. Russell, de l'observatoire de Sydney : « Les plus petits chocs de tremblement de terre ressentis en Nouvelle-Zélande sont presque toujours figurés automatiquement sur les tracés des marégraphes enregistreurs de Sydney et de Newcastle. [3]

Les mêmes mouvements d'oscillation sous l'influence de la secousse du tremblement de terre ont aussi, parfois, été observés dans des lacs. Je renvoie à la descrip-

[1] Cf. Hochstetter, *K. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien*, 1868 et 1869. *Petermann's geograph. Mitth.*, 1869, p. 222.

[2] *Nature*, XVI, 112, 132, 174, 567.

[3] *Journal astr. soc.* N. S. W. 1876, p. 37, cité dans *Nature*, XVI, 567.

tion que j'ai citée, d'après Bertrand, du tremblement de terre, du 1er novembre 1755, et de ses effets sur le lac Léman, à Vevey, sur le lac de Bienne, à Nidau, sur le lac de Zurich et sur le lac de Salzungen.

Je dois à mon ami M. le pasteur Guex, d'Apples, la description de véritables seiches causées, dans un lac en miniature, par le tremblement de terre du 25 juillet 1855. Il était avec sa famille dans une maison de campagne, près de Genève, lorsque la secousse les surprit; ils sortirent dans le jardin et trouvèrent l'eau du bassin circulaire d'un jet d'eau en oscillation de balancement, et s'élevant par-dessus les bords du bassin, alternativement de chaque côté d'un même diamètre.

Puisque l'eau peut être mise en mouvement subit par le choc du tremblement de terre, puisque ce mouvement peut se propager à distance sous la forme d'une vague de transmission, nous avons là, semble-t-il, toutes les conditions voulues pour la production de véritables seiches dans des bassins fermés. Et, dans le fait, il me semble, en relisant les diverses observations que je viens de citer, y découvrir quelque chose de tout à fait analogue à nos seiches. La description en est confuse, cela est vrai, mais elle n'est pas plus confuse que ne l'était l'observation des seiches avant la construction des limnimètres enregistreurs.

La théorie nous montre donc, comme possible et probable, la production de seiches par les tremblements de terre, et l'expérience du passé semble confirmer cette idée.

Mais l'observation directe, si elle n'a pas pu infirmer

cette conclusion, n'en a pas encore confirmé la justesse. Je suis arrivé à ce résultat négatif de deux manières.

Premièrement, en recherchant si les grandes seiches historiques, celles qui ont étonné les riverains par leur amplitude, ont coïncidé avec des secousses de tremblements de terre connus. Pour cela, je me suis adressé à M. Al. Perrey, autrefois professeur à Dijon, actuellement à Lorient, l'auteur de l'un des meilleurs catalogues de tremblements de terre que nous possédions. Il a eu l'obligeance de répondre à mes questions, et voici le résultat de ses recherches, en date du 25 septembre 1873 :

« Le 16 septembre 1600. (Seiches de Fatio de Duillier, 5 pieds d'amplitude, à Genève.) Pas de tremblement de terre connu autre que celui cité par Spon. (Cf. note 5, page 217.

« Le 3 août 1763. (Seiches de H.-B. de Saussure, 4 pieds d'amplitude, à Genève.) Pas de tremblement de terre connu.

« Le 26 juillet 1810. (Fortes seiches à Genève.) Pas de tremblement de terre connu avec certitude. Il y en eut un à Saint-Gervais-les-Bains, en 1810, mais je n'en sais pas la date.

« 11 juillet 1837. (Fortes seiches, à Genève.) Pas de tremblement de terre connu.

« 2 et 3 octobre 1841. (Seiches de Veinié, 1^{m},87.) Pas de tremblement de terre connu. Le 4, secousses à Palerme.

« 17 août 1868. (Seiches à Genève.) Tremblement en Algérie, à la Nouvelle-Zélande, dans le Turkestan et au Chili. Rien de connu en Europe. »

Comme le montre cette note de M. Perrey, on ne peut pas trouver de coïncidence entre les grandes seiches his-

toriques et des tremblements de terre connus en Suisse et dans les pays avoisinants [1]. Pour les seiches du 17 août 1868, les tremblements de terre en Algérie et en Nouvelle-Zélande sont bien éloignés pour qu'on puisse, sans autre preuve, admettre entre les deux phénomènes des rapports de cause à effet.

L'histoire rétrospective n'indique donc pas de rapports apparents entre les seiches et les tremblements de terre. Les plus fortes seiches connues n'ont pas été causées par des tremblements de terre.

L'histoire actuelle est tout aussi négative.

En effet, depuis que mon limnimètre enregistreur fonctionne, depuis le 20 mars 1876, on a noté, dans la Suisse occidentale, les tremblements de terre suivants :

2	avril	1876,	6 h.	—	matin.	Neuchâtel.
30	«	«	2 «	10	soir.	Neuchâtel.
1	mai	«	4 «	45	matin.	Neuchâtel.
2	«	«	8 «	30	matin.	Neuchâtel.
7	«	«	5 «	46	matin.	Morges, Orbe, Yverdon.
29	novembre	«	7 «	20	soir.	Morges, Orbe, Yverdon.
8	octobre	1877,	5 «	21	matin.	Très forte secousse sur le bassin du Léman : à Genève, Morges, Villeneuve, etc., la plaine suisse, le Jura, de Valence à Mulhouse, de Lyon à Besançon et à Sion.

[1] Nous avons vu plus haut que la plupart de ces seiches historiques ont coïncidé avec des orages et ont probablement été causées par eux.

22 octobre 1877, 10 h. 10 soir. Sion, Zermatt.
30 novembre « dans la soirée. Lausanne, Neuchâtel (très faible).
30 avril 1878, 3 « 15 matin. Château d'Œx, Lausanne.
1 mai « 4 « — matin. Morges[1].
24 juin « 9 « 27 matin. Morges, Genève, Lyon.

De ces douze secousses constatées dans un rayon de 70 kilomètres autour de Morges, éliminons la première, pendant laquelle mon appareil en réparation ne fonctionnait pas ; il en reste onze, dont cinq, celles des 7 mai, 29 novembre 1876, 8 octobre 1877, 1er mai et 24 juin 1878, ont été ressenties à Morges même, dont l'une, celle du 8 octobre 1877, a présenté une très forte intensité. Or, aucune de ces secousses n'a été enregistrée par mon limnimètre ; aucune d'elles n'a troublé le rhythme des seiches qui oscillaient au moment du phénomène ; il n'y a pas eu traces du développement d'une série nouvelle de seiches ayant débuté au moment de la secousse ; il y a plus, je n'ai pas pu constater sur mes tracés la plus petite altération qui m'ait fait voir un mouvement quelconque de l'eau. Il en a été de même pour le limnimètre de M. Ph. Plantamour, à Sécheron, près Genève ; cet appareil, qui était en fonctionnement pendant le tremblement de terre du 8 octobre 1877, n'a aucunement été mis en mouvement par cette très forte secousse[2], pas plus que par celles de l'année 1878.

[1] Cette secousse ne m'a été signalée que par un seul observateur, mais j'ai tout lieu de croire à son exactitude.

[2] Ph. Plantamour, Note sur la limnimétrie à l'occasion du tremblement de terre du 8 octobre. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, LX, 511. Genève, 1877.

Et, cependant, nos appareils sont très sensibles. Grâce à de nouveaux perfectionnements, je puis, pour ce qui regarde le mien, confirmer ce que j'en ai dit ailleurs : il montre toute dénivellation de un demi-millimètre d'amplitude qui a plus d'une demi-minute de durée; lorsque le lac est suffisamment calme et n'est pas trop tourmenté par les vibrations du vent, mon limnimètre dessine les vibrations déterminées par un bateau à vapeur qui traverse d'Ouchy à Evian ou qui circule sur la côte de Savoie à 10 ou 15 kilomètres de distance de Morges, ou bien il enregistre les vibrations consécutives produites par un bateau à vapeur pendant deux ou trois heures après son passage devant mon observatoire.

Comment expliquer ces faits, en apparence contradictoires: d'une part, les énormes ras-de-mer causés par certains tremblements de terre; d'une autre part, l'absence absolue d'effets sur des appareils très sensibles qui enregistraient les dénivellations de l'eau, pendant des secousses assez fortes pour tirer de leur sommeil tous les habitants d'une ville endormie ?

J'explique le fait en disant que, dans les lacs comme dans l'experience à petite échelle d'une cuvette, tous les chocs ne se communiquent pas nécessairement à l'eau; qu'il faut, pour qu'il y ait ras-de-mer ou seiche, non-seulement une secousse de la terre, mais encore que cette secousse ait lieu dans des conditions déterminées d'intensité, de direction et de rhythme.

Telle était la conclusion à laquelle j'étais arrivé dans une lettre adressée à des journaux scientifiques [1]; j'inter-

[1] F.-A. Forel, Seiches and earthquakes. *Nature*, XVII, 281. London, 7 febr. 1877. — Seiches et tremblements de terre. *La Nature*, VI, I, 239. Paris, 9 mars 1878.

rogeais les naturalistes habitant les pays plus fréquemment visités que le nôtre par les tremblements de terre, et je leur demandais si, d'après leurs observations, il n'y a pas, au point de vue des ras-de-marée, des différences d'un tremblement de terre à l'autre, — si toute secousse de même intensité est accompagnée nécessairement de mouvements de l'eau de même amplitude, — si, à côté des secousses ayant produit les ras-de-mer dont l'histoire a gardé le souvenir, il n'en a pas existé d'autres, de même force, qui n'ont pas agité ou n'ont que peu ébranlé la mer ?

Cette lettre a obtenu plusieurs réponses très intéressantes, entre autres de M. M.-E. de Rossi, de Rome, de M. Tardy, de Bourg-en-Bresse, de M. Chaplin de Tokio, au Japon. En raison de son importance, je reproduis ici intégralement la lettre de M. de Rossi[1].

« Rome, 14 mars 1878.

« A Monsieur le Rédacteur de la *Nature*, Paris.

« J'ai vu avec plaisir, à propos des seiches du lac de Genève, dans votre livraison du 9 mars, une lettre de M. le docteur Forel, dans laquelle il est question de l'influence des tremblements de terre sur les seiches des lacs. M. Forel constate le fait que souvent, pendant des secousses très sensibles, les lacs ne donnent pas des vagues ou des seiches, tandis que, d'autres fois, les lacs prennent de très grands mouvements sous l'influence des tremblements de terre.

« Je dois faire observer que, dans ce phénomène des tremblements de terre, comme dans les seiches, les lacs se comportent tout à fait suivant les lois du pendule. Nous

[1] *La Nature*, VI, I, 282. Paris, 30 mars 1878.

avons parfaitement constaté dans nos dernières études, en Italie, qu'il peut bien survenir un tremblement de terre sensible, sans que le sismographe à pendule donne aucune trace de mouvement. En revanche, il arrive très souvent de voir un pendule entrer en grande oscillation sans que la secousse soit ressentie par personne. Il m'a été possible d'avertir moi-même de l'existence d'un tremblement de terre très sensible, signalé en même temps par beaucoup de personnes, et d'avoir sur le champ observé au microscope huit pendules de différentes longueurs, sans avoir pu y remarquer un mouvement d'aucune sorte. Evidemment, ce fait dépend de la relation entre la longueur du pendule et la célérité des vibrations terrestres. Lorsque l'onde sismique est *synchrone* à l'oscillation naturelle du pendule, celui-ci prend un grand mouvement. Mais, lorsqu'elle est *dissynchrone*, le pendule se refuse plus ou moins à suivre le mouvement de la terre.

« Cela arrive de la même manière dans les roches de la croûte terrestre, et surtout dans les plus mobiles d'entres elles, c'est-à-dire dans les lacs.

« (Signé) Michel-Étienne de Rossi. »

Cette lettre confirme absolument mes vues et m'autorise à conclure avec fermeté :

1° Les tremblements de terre peuvent être cause de mouvements de l'eau en général, et spécialement de seiches, dans des circonstances favorables.

2° Tous les tremblements de terre ne provoquent pas nécessairement des seiches dans les lacs.

3° D'après l'expérience jusqu'à présent acquise, les tremblements de terre ne causent que rarement des seiches dans les lacs.

Chapitre V.

Conclusions générales.

I. Les seiches sont des mouvements d'oscillation fixe uninodale de l'eau des lacs..

II. Les seiches apparaissent sous la forme de dénivellations qui soulèvent et dépriment alternativement le niveau du lac des deux côtés de la ligne nodale de l'oscillation. La dénivellation est nulle sur la ligne nodale, elle a son maximum aux deux extrémités du diamètre perpendiculaire à la ligne nodale (ventres de l'oscillation).

III. Les seiches oscillent suivant les deux directions principales du lac ; seiches longitudinales et seiches transversales.

IV. Les seiches se présentent par séries d'oscillations ; l'amplitude dans chaque série va en décroissant depuis la première vague, qui a l'amplitude maximale.

V. Les séries de seiches peuvent se succéder, de telle manière qu'une nouvelle série débute avant que la précédente soit éteinte ; il peut ainsi y avoir superposition et interférence de plusieurs séries de seiches de même rhythme, mais de moments de départ différents. De là le plus ou moins grand degré de complications des seiches.

VI. Chaque série de seiches est due à une impulsion génératrice initiale unique.

VII. Les impulsions génératrices des seiches peuvent provenir d'actions fort diverses.

VIII. Parmi les actions portées directement sur l'eau, je citerai :

a) Les variations locales rapides de la pression atmosphérique (H.-B. de Saussure, Vaucher).

b) L'interruption d'une dénivellation temporaire continue, par suite de la cessation subite du vent qui la causait.

c) Un coup de vent frappant obliquement la surface du lac, en descendant.

d) L'orage, et spécialement le coup de vent vertical descendant de l'orage.

e) L'ouragan.

f) La trombe. L'efficacité différente de ces trois sortes de perturbations orageuses de l'atmosphère, orage, ouragan et trombe, n'est pas encore suffisamment séparée expérimentalement.

g) La rupture de l'attraction de nuages électriques au moment de la décharge de la foudre (Bertrand, H.-B. de Saussure). Cette action, admissible en théorie, n'a pas, en réalité, une intensité suffisante pour être appréciable sur les tracés limnimétriques.

h) Le vent de l'avalanche de neige et de l'éboulement d'une montagne dans le voisinage des lacs.

i) La chute d'une montagne dans le lac (E. de Vallière).

Parmi les actions portées sur les parois du bassin et se transmettant indirectement à l'eau, je n'ai à citer que :

k) Les tremblements de terre (Arago).

IX. D'après l'expérience acquise, les plus fréquentes et les plus évidentes de ces causes sont les variations de la pression atmosphérique et l'orage.— Les plus puissantes sont l'orage et probablement les tremblements de terre, les avalanches et les éboulements de montagnes.

X. Ces diverses actions portées sur l'eau du lac ne déterminent pas nécessairement le mouvement de balancement des seiches. Ce n'est que dans certaines conditions de lieu d'action, d'intensité, de direction et de rhythme qu'il en résulte l'impulsion génératrice d'une série de seiches.

DE
QUELQUES PHÉNOMÈNES DE DIFFUSION

QU'ON OBSERVE EN

PLONGEANT DIFFÉRENTES PLANTES

OU

DIFFÉRENTS ORGANES DE PLANTES

DANS UNE SOLUTION DE BORAX

PAR

J.-B. SCHNETZLER,

Professeur à l'Académie de Lausanne.

Dans un petit travail publié en 1877 dans les *Archives des sciences physiques et naturelles,* j'ai fait voir qu'une solution de borax pouvait rendre de bons services en faisant diffuser rapidement les matières colorantes liquides des cellules végétales et en dégageant ainsi la chlorophylle, quelquefois complètement masquée par des matières colorantes rouges, pourpres, violettes, etc. Voici un nouvel exemple que je puis ajouter à ceux déjà cités. Lorsqu'on plonge, pendant quelques heures seulement, la petite algue rouge de sang *(Porphyridium cruentum Næg)* que Rabenhorst, dans la *Flora alg. Europ.,* place parmi les *Rodophyceæ,* dans une solution saturée de borax, toute la couleur rouge diffuse dans le liquide ambiant et l'algue devenue entièrement verte renferme de fines granulations de chlorophylle.

La matière colorante verte granuleuse des végétaux ne diffuse pas dans la solution de borax; c'est-à-dire le pigmentum vert du protoplasma des grains de chlorophylle ne passe pas dans la solution indiquée, comme on le voit se dissoudre dans l'alcool, l'éther, etc. Mais, lorsqu'on plonge, pendant quelques jours, des feuilles vertes, des tiges, etc., dans la solution de borax, on voit bientôt diffuser une matière colorante jaune. Comme j'avais vu diffuser de la même manière la matière colorante jaune des plantes étiolées ou l'étioline, l'idée me vint d'essayer l'action des sels de fer sur la matière jaune diffusée des feuilles vertes dans la solution de borax[1]; car les plantes étiolées reprennent souvent leur coloration verte sous l'influence d'une faible solution d'un sel de fer, par exemple un gramme de sulfate de fer dissout dans un litre d'eau. En versant quelques gouttes d'une solution de perchlorure de fer tel qu'il est employé dans les pharmacies comme hémostatique, dilué dans cinq à six fois son volume d'eau, il se produit dans la solution de borax dans laquelle on a plongé des feuilles vertes, un précipité dont la couleur varie du vert grisâtre jusqu'au bleu noir, suivant les plantes employées. Le même réactif produit dans la solution de borax pur, sans infusion de feuilles, un précipité d'un jaune orange qu'on ne peut pas confondre avec celui dont nous venons de parler. Ce dernier est produit par une matière appartenant au groupe du tannin. Ce groupe renferme des corps dont les rapports chimiques ne sont pas encore bien définis, mais dont le type peut être cherché dans le tannin proprement dit qu'on extrait à l'état pur de la noix de galle. Tous ces

1 La solution de borax employée dans mes expériences renfermait de 4 à 5 % de borax pur.

corps se distinguent par une réaction faiblement acide, par leur saveur astringente et la propriété de précipiter d'une manière très caractéristique les sels ferriques, l'albumine et la gélatine. Outre le tannin proprement dit tiré de la noix de galle, on y a trouvé un acide de couleur jaune appartenant au même groupe, l'acide ellagique, et, d'après Guibourt, un autre acide également jaune, l'acide lutéogallique. Lorsqu'on abandonne à l'air une solution aqueuse de tannin, celui-ci subit une fermentation et, en absorbant l'oxygène de l'air, il se transforme en acide gallique ; le liquide prend alors une coloration brune.

En variant les réactifs et en examinant les précipités obtenus, on peut se convaincre que la matière colorante jaune qui diffuse dans une solution de borax dans laquelle on plonge des feuilles vertes parfaitement intactes, renferme une quantité plus ou moins considérable d'une matière appartenant au groupe du tannin que, pour abréger, je désignerai tout court sous le nom de tannin.

La solution de borax nous présente ainsi un moyen, non-seulement pour examiner la distribution relative du tannin dans les différents végétaux, mais aussi dans les différents organes pendant les diverses phases de leur développement. Il va sans dire que nous n'apprenons pas à connaître de cette manière la présence du tannin dans tel ou tel tissu, dans telle ou telle cellule. L'étude microchimique doit alors nécessairement compléter les indications trop vagues données par la solution de borax. Le bichromate de potassium qui précipite le tannin en rouge brun, proposé par Sanio, peut rendre d'excellents services dans l'observation microscopique.

Lorsqu'on plonge un grand nombre de feuilles dans la

solution de borax, on y trouve des quantités bien différentes de tannin. Les tiges vertes d'*Opuntia vulgaris*, les feuilles de pommes de terre, de mauves, ne donnent que de faibles traces de tannin; celles de trèfle, de dent de lion, de liseron, en renferment davantage. Les feuilles de fraisier, par exemple, *Fragaria grandiflora* et surtout celles du Sumac (*Rhus coriaria*) contiennent assez de tannin pour produire de la véritable encre avec le perchlorure de fer. Les jeunes feuilles et les jeunes pousses de vigne dans lesquelles la coloration verte des grains de chlorophylle n'est pas encore achevée, renferment une quantité relativement plus grande de tannin que les feuilles vertes entièrement développées.

Il est cependant important d'observer que, dans les expériences dont je viens de parler, l'intensité de la coloration jaune qui se produit dans la solution de borax n'est pas toujours proportionnelle à la quantité de tannin contenu dans les plantes plongées dans cette solution. Les feuilles de pommes de terre, de mauves, etc., produisent au bout de quelques jours une coloration jaune presque aussi intense que les feuilles de sumac. Il faut distinguer ici une matière colorante jaune différente du tannin, sur laquelle nous reviendrons bientôt.

En plongeant des feuilles vertes, des tiges vertes, etc., de différentes plantes, dans de l'eau de fontaine, le tannin diffuse aussi en quantité plus ou moins considérable; mais, dans ce cas, la plante subit une véritable macération, elle se décompose et le liquide présente une coloration d'un gris sale, tandis que, dans la solution de borax, il n'y a pas trace de fermentation et que la matière colorante jaune n'est pas troublée par les produits de la décomposition. Enfin, la diffusion du tannin

s'opère bien plus rapidement dans la solution de borax que dans l'eau.

Comme la matière colorante jaune obtenue d'après la méthode indiquée présente une analogie frappante avec celle qu'on sépare d'une solution alcoolique de chlorophylle par le procédé employé par Stokes, Kraus, etc., il était tout naturel de voir si, dans la xanthophylle ainsi obtenue, on observe aussi la réaction caractéristique du tannin.

J'emploie, pour séparer la cyanophylle (chlorophylline de Timirjaseff) et la xanthophylle d'une solution alcoolique de chlorophylle, de la ligroïne pure et incolore. Lorsqu'on verse dans un tube à réaction sur la solution alcoolique verte environ un tiers de son volume de ligroïne et qu'on expose, sans secouer les deux liquides, le tout dans l'obscurité, la matière colorante verte de la chlorophylle passe dans la ligroïne, tandis que la solution alcoolique devient jaunâtre. On opère plus rapidement la séparation de la chlorophylline et de la xanthophylle, quoique encore d'une manière incomplète, en secouant le contenu du tube. La ligroïne entraîne la chlorophylline renfermant toujours un peu de xanthophylle, tandis que cette dernière reste en grande partie en solution dans l'alcool, accompagnée ordinairement d'une petite quantité de chlorophylline. En versant alors dans le tube dans lequel se trouvent plus ou moins dissociées les deux matières colorantes de la chlorophylle, quelques gouttes d'une solution diluée de perchlorure de fer, ce réactif ne produit pas trace de précipité dans la chlorophylline dissoute dans la ligroïne, tandis qu'il se forme un précipité plus ou moins foncé dans la solution alcoolique jaune qui renferme la xanthophylle. Lorsqu'on fait cette expérience avec des feuilles de

sumac (Rhus coriaria), il se produit dans la xanthophylle un magnifique précipité d'un bleu noir. La solution alcoolique jaune séparée de la chlorophylline avec de la ligroïne et qu'on regarde comme de la xanthophylle plus ou moins pure, renferme donc des quantités plus ou moins considérables de tannin, dont il faudra tenir compte dans l'étude des propriétés de la xanthophylle. Comme dans la xanthophylle des feuilles de *Rhus coriaria*, le perchlorure de fer produit un précipité bleu noir si abondant qu'on pourrait croire que cette xanthophylle se compose de matières appartenant au groupe des tannins, il était intéressant d'examiner si, à côté du tannin, il existe encore une matière colorante jaune particulière, c'est-à-dire la véritable xanthophylle. Pour résoudre cette question, je décante avec précaution la chlorophylline dissoute dans la ligroïne. Comme nous l'avons déjà vu plus haut, cette chlorophylline contient, d'après le procédé employé, toujours un peu de xanthophylle, tandis qu'elle ne renferme point de tannin qui se trouve entièrement dans la solution alcoolique. En secouant la solution de chlorophylline dans la ligroïne avec un peu d'alcool, celui-ci en extrait la xanthophylle qui le colore en jaune. Le perchlorure de fer ne produit pas trace de précipité dans cette matière colorante jaune. Nous voyons que, dans la xanthophylle brute, telle qu'on l'obtient par les procédés ordinaires, il y a du tannin et une matière jaune sur laquelle les sels ferriques ne réagissent point.

Comme ces expériences, répétées sur un grand nombre de végétaux, produisent des résultats semblables qui ne varient que suivant l'intensité du précipité obtenu par différents réactifs, il en résulte une nouvelle preuve que le tannin est une matière très répandue dans le règne végétal.

Pendant longtemps, on regardait le tannin comme un résidu de la métamorphose de la matière qui s'opère dans les cellules végétales, comme un symptôme de la décadence et même de la mort des cellules. En 1872, M. Briosi a trouvé que la seule substance abondante dans les feuilles de vigne (jeunes et vieilles) est le tannin. Il l'a trouvé encore dans le liber, dans les cellules criblées (Siebröhren) et il en conclut que le tannin a un rôle physiologique (*Nuovo Giornale bot. ital. Gennajo*, 1872, p. 39).

En 1874, J. Schell publia, en langue russe, un travail très important sur cette même matière [1]. En se basant sur l'examen de 635 plantes, l'auteur conclut que le tannin est aussi répandu dans les végétaux que le sucre. Il admet qu'il se trouve en solution dans les cellules et qu'il joue un double rôle : premièrement, il contribue à la construction de la cellule (Baustoff); en second lieu, il se montre comme résidu, comme produit accessoire de la métamorphose de la matière. Enfin, l'auteur paraît admettre que le tannin peut se former de la cellulose et de l'amidon.

Nous avons vu que le tannin se trouve en solution dans de jeunes cellules, dans des tissus où il y a formation de nouvelles cellules. Dans les jeunes feuilles et les jeunes pousses de vigne, il se trouve en quantité si abondante que la lame du rasoir noircit lorsqu'on fait des coupes à travers ces organes. Il est donc bien naturel qu'on attribue un rôle physiologique à cette substance.

Lorsque, sur une goutte d'une solution aqueuse de tannin (10 %), on laisse tomber une gouttelette d'une

[1] J. Schell, *Physiologische Rolle der Gerbsäure*, Kasan, 1874, et *Inst. bot. Jahresbericht*, 1875, p. 872.

solution très étendue d'albumine, il se forme comme précipité une membrane finement plissée et bien différenciée qui flotte dans le liquide. Le tannin qui se trouve en solution dans une jeune cellule n'exercerait-il pas une action analogue sur les matières albumineuses du protoplasma? N'aurait-il pas une influence sur la coagulation du protoplasma lors de la formation des grains de chlorophylle qui d'abord incolores ou jaunes, se colorent en vert sous l'influence de la lumière? Sachs (Phys. végétale traduite par M. Micheli, p. 474) nous dit que des cellules renfermant du tannin se maintiennent souvent assez longtemps dans une solution d'acétate de fer; mais, dès que l'utricule protoplasmique est mort, le fer réagit sur le tannin.

La solution de tannin assez concentrée dont Pfeffer a démontré la présence dans le protoplasma des cellules du parenchyme des coussinets des feuilles de *Mimosa pudica* ne jouerait-elle pas un rôle dans le déplacement des liquides provenant d'une contraction du protoplasma? Ce sont là autant de questions à résoudre.

Il est évident que le tannin se trouve aussi comme un simple résidu dans des cellules où il ne joue plus aucun rôle direct dans la vie du végétal, comme par exemple dans certaines parties de l'écorce, dans les feuilles flétries, etc.

Le tannin ne paraît pas exister à l'état normal dans les champignons; cependant, quelques-uns de ces végétaux possèdent la propriété de fixer une certaine quantité de cette matière. Les bactéries, par exemple, qui forment la mère du vinaigre (Mycoderma aceti Parl.) attirent et fixent une certaine quantité de tannin du vin. Lorsqu'on plonge des lambeaux de mère du vinaigre dans une solution de sulfate de fer, ils prennent peu à peu une coloration d'un vert bleuâtre.

Nous avons vu plus haut que les jeunes pousses et feuilles de vigne saine renferment beaucoup de tannin qui diffuse rapidement dans la solution de borax. A la partie supérieure, sous l'influence de l'air, la solution jaune devient brune par la formation de l'acide gallique. En plongeant dans la solution de borax des pousses et des feuilles de vignes frappées d'antrachnose (« le noir »), on voit diffuser immédiatement une matière colorante d'un brun foncé. Le champignon qui cause cette maladie parait ici contribuer à la transformation du tannin en acide gallique, en attirant l'oxygène de l'air, qui transforme même une partie de la cellulose en humus.

LA
VÉGÉTATION DES MONTAGNES ROCHEUSES

PAR

Sir J. HOOKER

Trad. de *Nature*. Oct. 1877

Il y a un peu plus d'un an que sir J. Hooker partait pour les États-Unis dans le but d'entreprendre une exploration botanique, de concert avec son savant ami M. le Dr A. Gray. Ils se proposaient d'étudier ensemble la flore encore peu connue des nouveaux États de Colorado et d'Utah. Personne, assurément, n'était plus qualifié et mieux préparé que ces deux naturalistes, pour observer avec exactitude tous les détails de la flore d'une vaste contrée et pour en saisir en même temps le caractère général. Aussi pensons-nous bien faire en publiant la traduction d'un écrit dans lequel sir J. Hooker a lui-même résumé les principaux résultats de cette importante expédition scientifique.

« Afin de mieux faire comprendre l'importance des États du Colorado et d'Utah, au point de vue des recherches que nous nous proposions de faire, je commencerai par rappeler que ces contrées occupent une position tout à fait centrale au milieu du continent américain. Elles comprennent, en effet, une section des Montagnes Rocheuses longue de 300 milles sur une largeur presque égale,

s'étendant du 37me au 41me degré de latitude nord entre les 105me et 112me de longitude est. L'espace ainsi délimité consiste en longues vallées dont le fond est souvent aplani. Ces vallées, désignées dans le pays sous le nom de parcs, sont situées à une altitude de 4000 à 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer et ont fréquemment une largeur de plusieurs milles. Elles sont séparées les unes des autres par d'innombrables chaînons détachés des Montagnes Rocheuses et appartenant à des formations géologiques fort diverses.

« Ceux de ces parcs qu'arrosent les rivières coulant vers l'est s'étendent jusqu'aux prairies situées sur le versant oriental des Montagnes Rocheuses, tandis que ceux que traversent les cours d'eau dirigés vers l'ouest aboutissent à ce que l'on nomme le Désert, c'est-à-dire aux terres salées situées à l'est de la chaîne. Les crêtes de séparation de ces bassins sont souvent assez basses pour qu'il ait pu se produire un mélange des formes végétales propres aux contrées de l'est et de l'ouest, qui se trouvent parfois ainsi réunies dans un même parc.

« Nous devions donc nous attendre à ce que cette portion des Montagnes Rocheuses renfermerait les représentants de flores distinctes caractérisant chacune une grande étendue du continent américain. Or on y distingue, en effet, deux flores tempérées et deux autres qui sont caractéristiques des régions froides, savoir : 1° une flore des prairies qui est originaire de l'est ; 2° une flore du désert, soit des terres salées, provenant de l'ouest ; 3° une flore subalpine ; et 4° enfin, une flore alpine. Ces deux dernières ont des origines fort différentes et caractérisent plus spécialement les Montagnes Rocheuses.

« Les principales régions de l'Amérique avec les-

quelles on doit surtout comparer celle qui nous occupe, sont au nombre de quatre. Deux d'entre elles sont généralement humides. La première s'étend entre la côte de l'Atlantique et le Mississipi jusqu'aux rives boisées des affluents occidentaux de ce fleuve; la seconde, soit celle du versant du Pacifique, se trouve comprise entre la Sierra Nevada et l'Océan. Les deux autres régions sont, d'une part les contrées septentrionales jusqu'aux régions polaires et, d'autre part, celles du sud qui s'étendent au travers du Mexique jusqu'à la chaîne des Cordillères.

« Les deux premières de ces régions (*Atlantique avec le Mississipi*, *Pacifique*) sont traversées par des chaînes méridionales à peu près parallèles aux Montagnes Rocheuses, telles que, du côté de l'Atlantique les divers systèmes compris sous la dénomination générale de Monts Apalachiens du Maine à la Géorgie et du côté du Pacifique la Sierra Nevada, qui aboutit à la Californie.

« La troisième et la quatrième région représentent un prolongement des Montagnes Rocheuses du Colorado et de l'Utah. Elles sont bordées par une flore des prairies de l'est, s'étendant depuis les possessions britanniques jusqu'au Texas, à laquelle succède celle du Désert salé depuis le Snake river jusqu'à l'Arizona et jusqu'au Mexique. D'après cela, il n'est pas surprenant que les flores du Colorado et de l'Utah comprennent des représentants de toutes les végétations diverses de l'Amérique du Nord, à l'exception de celle de la région tropicale de peu d'étendue que forme la Floride à l'extrémité sud-est du continent.

« Au point de vue botanique le trait le plus singulier de la végétation de l'Amérique septentrionale est, sans contredit, le contraste frappant qui existe entre ses deux flores

humides, c'est-à-dire entre celle de l'Atlantique et du Mississipi et celle des régions voisines du Pacifique.

« C'est là ce que le Dr Gray a fort bien mis en lumière dans ses nombreuses communications à l'Académie américaine des sciences et diverses autres publications. Il a, en outre, déjà indiqué pour chacune de ces flores, l'origine de leurs formes caractéristiques et fourni ainsi la base de toutes les recherches modernes relatives à la géographie botanique de l'Amérique du Nord. Mais les relations de la région intermédiaire sèche, soit avec chacune des deux précédentes, soit avec les flores d'autres contrées, n'avaient pas été jusqu'ici traitées d'une manière aussi approfondie. Or nous croyons être maintenant en possession de matériaux suffisants pour aborder cette étude.

« Nous nous sommes, en premier lieu, dirigés à l'ouest vers le Colorado où nous avons de prime abord exploré les Montagnes Rocheuses sur un parcours d'environ 300 milles, depuis Denver au nord jusqu'aux frontières du New Mexico. Pendant ce trajet, nous avons fait l'ascension des pics les plus élevés de la chaîne, tant au nord qu'au midi et visité plusieurs des parcs et vallées avoisinantes qu'arrosent les tributaires de l'Arkansas, du Platte, du Colorado et du Rio Grande.

« En quittant Denver, nous nous sommes ensuite dirigés vers Cheyenne et Wyoming; de là à l'ouest par le chemin du Pacifique à travers la chaîne vers Ogden et jusqu'au lac Salé dans l'Utah, au pied des monts Wahsatch qui, à cette latitude, forment le contrefort occidental des Montagnes Rocheuses proprement dites. Après avoir gravi ces sommités, nous atteignîmes, en chemin de fer, l'État de Nevada, situé plus à l'ouest, franchissant ainsi la région

sèche interposée entre les Montagnes Rocheuses et la Sierra Nevada, contrée que l'on désigne tantôt sous le nom du *Désert salé*, tantôt sous celui de *Sink region* de l'Amérique du Nord, d'après les traits caractéristiques de ses diverses parties. Cette zone, dont l'altitude varie entre 3000 et 4000 pieds, est parcourue par un grand nombre de petits chaînons méridionaux qui s'élèvent souvent jusqu'à 8000, plus rarement jusqu'à 10,000 pieds. A l'opposé des Montagnes Rocheuses et de la Sierra Nevada on n'y trouve ni coteaux boisés ni même de végétation subalpine.

« De Reno, qui est situé au pied de la Sierra Nevada sur le versant occidental de cette chaîne, nous nous rendîmes plus au sud par Carson City, cotoyant la Sierra pendant environ 60 milles, jusqu'à Silver Mountain et ensuite à l'ouest, en traversant obliquement la Sierra, jusqu'au versant du Pacifique. Arrivés là, nous eûmes l'occasion de visiter trois bois de *Big-trees* (Sequoia gigantea), situés auprès des sources des fleuves Stanislaus et Tuolome ainsi que la curieuse vallée de Yosenite, d'où nous descendîmes dans la grande vallée de Californie jusqu'à San-Francisco.

« Cette dernière station a été notre point de départ pour diverses excursions, dont la première a eu pour but l'ancienne colonie espagnole de Monterey. Cette localité est devenue une terre classique pour les naturalistes, depuis le séjour qu'y fit Menzies pendant le voyage de notre compatriote Vancouver, qu'il accompagnait en qualité de botaniste. De là, nous nous acheminâmes vers le nord, en longeant la chaîne de montagne jusqu'à Russian River, où se trouvent les forêts de *Bois rouge* (Sequoia sempervirens), la seule essence de l'épo-

que actuelle qui fasse partie du même genre que les *Big trees,* dont elle atteint presque la masse et la hauteur. Nous gagnâmes ensuite le Sacramento, dont nous remontâmes la vallée sur une longueur de 150 milles jusqu'au Shasta, grandiose cime volcanique s'élevant à 14,000 pieds et couverte de forêts.

« A partir du Sacramento le chemin de fer du Pacifique nous conduisit vers l'est. Au point culminant de ce trajet nous pûmes explorer le mont Stanford sur la crête de la Sierra Nevada et le lac Taho, bassin situé à une altitude de 7000 pieds. Ce fut là le terme extrême de notre voyage à l'ouest. Pendant notre séjour en Californie, nous nous sommes principalement occupés des conifères. Nous nous proposions surtout d'étudier la distribution géographique de ces espèces encore peu connues, dont le nombre et la stature atteignent leur maximum sur le versant du Pacifique.

« Les résultats de nos recherches communes, aidées de la connaissance approfondie de la flore américaine que possédait déjà le Dr Gray, peuvent se résumer de la manière suivante :

« La végétation des latitudes médianes du continent se répartit entre trois principales flores méridionales incomparablement plus distinctes que celles qui occupent dans l'ancien monde une position géographique analogue. En fait ces trois flores sont absolument distinctes, tant sous le rapport des arbres que sous celui des arbustes et même en ce qui concerne plusieurs genres de plantes herbacées. Ce sont là précisément les deux flores humides et celle de la zone sèche intermédiaire dont il a été question ci-dessus.

« Chacune de ces flores peut, à son tour, se subdiviser en trois autres de la manière suivante :

« 1° Le versant du Pacifique avec la région du Missis-sipi se divise en : *a*) la région Atlantique ; *b*) celle de la vallée du Mississipi ; *c*) la région montagneuse intermédiaire qui offre une flore subalpine.

« 2° Le versant du Pacifique se subdivise en : *a*) une chaîne côtière très humide couverte de forêts ; *b*) la grande vallée de la Californie, chaude et plus sèche que la zone précédente, et formée par le fleuve San-Juan coulant au nord et le Sacramento, qui se dirige vers le sud pour se déverser dans la baie de Californie ; *c*) la flore de la Sierra Nevada, tempérée et subalpine.

« 3° La région des Montagnes Rocheuses (considérée dans son acception la plus large, s'étendant du Mississipi depuis sa région forestière jusqu'à la Sierra Nevada) se décompose en : *a*) une flore des prairies ; *b*) une flore du désert ou région salée ; *c*) la flore des Montagnes Rocheuses proprement dites, subalpine et alpine.

« Ainsi que je l'ai fait remarquer précédemment, les flores de la première et de la seconde de ces régions diffèrent l'une de l'autre d'une manière absolue, non seulement sous le rapport des espèces, mais aussi sous celui des genres qui les composent. On ne retrouve, en effet, dans la région occidentale absolument aucune des espèces de pin, chêne, érable, ormeau, platane ou bouleau qui croissent dans la partie orientale du continent.

« En outre des genres entiers, de trente à cinquante espèces, sont confinés dans chacune de ces régions. Celle des Montagnes Rocheuses, par contre, bien que très distincte des deux autres, renferme pourtant quelques types de la région orientale et un plus grand nombre encore appartenant à celle de l'ouest.

« Ce voyage nous a mis à même d'observer bien des

faits intéressants relativement à l'origine et à la distribution des espèces américaines, ainsi qu'à l'introduction des divers types dans ces trois régions.

« Plusieurs de nos observations sont de nature à suggérer des comparaisons avec les admirables résultats obtenus par Heer et Lesquereux pour les flores du Pliocène et du Miocène des zones tempérées et froides, qui avaient déjà auparavant fixé l'attention du Dr Gray, comme le prouvent plusieurs de ses publications.

« Il n'est pas moins intéressant de suivre les traces de l'influence exercée par l'époque glaciaire et par la période subséquente plus chaude sur la migration des formes arctiques vers le sud et sur celle des espèces mexicaines vers le nord du continent américain en tenant compte de la présence de la grande masse d'eau qui recouvrait la totalité de la région salée pendant l'époque glaciaire.

« Enfin, nous avons pu aussi faire plusieurs observations nouvelles relativement à l'âge des *grands arbres* de Californie ainsi que des pins et Juniperus contemporains. Ces observations nous ont prouvé l'ancienneté des conditions climatériques actuelles dont la longue durée a été jusqu'ici déduite de la considération de la flore fossile plutôt que de celle des espèces de notre époque.

« J'ai à peine besoin d'ajouter que mon rôle dans cette exploration botanique était entièrement subordonné à celui de M. le Dr Gray qui avait déjà autrefois visité les Montagnes Rocheuses dans un but, il est vrai, différent. Mes efforts eussent été vains sans la ferme volonté qu'il avait de ne me rien laisser échapper de ce que ses connaissances approfondies et sa grande faculté d'observation pouvaient mettre en lumière et sans l'active coopération du Dr Hayden qui voyageait aussi avec nous. »

NOTICE

RELATIVE

A QUELQUES PHÉNOMÈNES OBJECTIFS

OBSERVÉS

DANS L'ILLUMINATION INTERMITTENTE DE LA RÉTINE

PAR LE

Dr Philippe CINTOLESI,

Professeur à l'Institut technique royal de Reggio-Calabria.

I

En novembre 1877, je publiai une brève notice[1] relative à un phénomène d'optique physiologique, à l'étude duquel les circonstances dans lesquelles je me trouvais ne me permirent de consacrer que peu de temps.

Étant passé de l'Institut de Terni à celui de Reggio-Calabria, j'ai, aussitôt que cela m'a été possible, repris mes recherches, malgré le peu de moyens que m'offre le laboratoire de cet Institut.

Mes nouvelles recherches m'ont conduit à des résultats que je pense être de quelque intérêt pour la science, et dont, pour cela, je ne crois pas la publication inutile.

[1] *Nuovo Cimento.* Série IIIe, vol. II. Livraisons de nov. et déc. 1877.

Le phénomène décrit dans ma notice de novembre 1877 était le suivant, que je rappelle brièvement :

Si l'on observe à travers un disque de carton muni de fentes et tournant avec une vitesse déterminée, un objet vivement éclairé (par exemple un mur blanc exposé au soleil, ou un coin du ciel) celui-ci apparaît revêtu uniformément d'une magnifique teinte violet-rose.

Mon premier soin fut de déterminer les vitesses de rotation nécessaires à la production, que j'appellerai *normale,* du phénomène (quand la coloration est intense et uniforme), pour des disque présentant des fentes en nombres différents.

Ces disques étaient au nombre de quatre munis de fentes rectangulaires comme suit :

No d'ordre des disques.	Nombre des fentes.
1	8
2	12
3	16
4	20

Le diamètre commun à tous les disques était de $0^m,33$.

Les fentes rectangulaires avaient $7^c,35$ de longueur et $0^c,38$ de largeur.

Les résultats des observations sont contenus dans le tableau suivant :

Tableau des résultats pour chaque disque et pour quatre séries de déterminations.

Numéros d'ordre des disques.	Nombre des fentes de chaque disque.	Numéros des séries contenant chacune 25 déterminations.	Nombre moyen des tours du disque par seconde.	Temps qu'emploie une fente pour se substituer à la précédente. En millièmes de seconde.	Résultat moyen final En millièmes de seconde.
1	8	1re	5,28	23,668	Temps qu'emploie une fente pour se substituer à la précédente, déduit par le moyen de 400 déterminations : 23,664.
»	»	2me	5,28	23,667	
»	»	3me	5,28	23,672	
»	»	4me	5,28	23,664	
2	12	1re	3,52	23,672	
»	»	2me	3,52	23,660	
»	»	3me	3,52	23,664	
»	»	4me	3,52	23,664	
3	16	1re	2,64	23,640	
»	»	2me	2,64	23,660	
»	»	3me	2,64	23,652	
»	»	4me	2,64	23,660	
4	20	1re	2,11	23,664	
»	»	2me	2,11	23,656	
»	»	3me	2,11	23,676	
»	»	4me	2,11	23,664	
				378,618	
			Valeur moy. :	23,664	

La seule inspection de ces résultats montre que :

Les vitesses correspondant au développement normal du phénomène sont inversement proportionnelles aux nombres de fentes des différents disques.

Le temps employé par une fente à se substituer à la précédente est constant.

Pendant que je poursuivais ces expériences, il me fut donné, ainsi qu'à plusieurs de mes collègues, d'observer

que, quand on augmentait graduellement la vitesse du disque afin de la porter au nombre des tours correspondant au développement normal, on observait dans le champ éclairé, non-seulement des variations de teinte, mais encore des figures étranges ressemblant à des *grecques*. De plus, au point de convergence des deux rayons visuels, on voyait apparaître des taches qui changeaient de forme et de couleur, jusqu'à devenir du violet le plus intense et à recouvrir ensuite d'une manière uniforme la totalité de l'espace observé.

Le peu de temps pendant lequel j'avais pu m'occuper de l'étude de ces phénomènes ne m'avait pas permis de déterminer avec précision la véritable nature de ces apparences singulières, mais, peu de temps après mon arrivée à l'Institut de Reggio, et après m'être préparé par une nouvelle lecture de l'admirable ouvrage de M. Helmholtz, la *Physiologische Optik* (dont je possède la belle traduction de MM. Javal et Klein), j'en ai recommencé l'étude.

Je m'occuperai donc dans la présente notice de rendre compte des faits observés avec toute l'exactitude que je pourrai et malgré la grande difficulté de représenter par des paroles des apparences si délicates.

II

Rotation des disques à nombres différents de fentes. Observation à l'œil nu.

La table ci-dessous donne les dimensions des disques employés et des fentes rectangulaires qui y sont pratiquées.

Numéros d'ordre des disques.	Nombres des fentes de chaque disque.	Diamètre des disques.	Dimensions des fentes.	
			Longueur.	Largeur.
		mm	mm	mm
1	6	275	70	4,5
2	8	»	»	»
3	6	330	74	5
4	8	»	»	»
5	12	»	»	»
6	16	»	»	»
7	20	»	»	»
8	24	»	»	»
9	28	»	»	»

Un disque inscrit sous le numéro 10 aurait 16 fentes trapézoïdales avec les dimensions suivantes :

Base la plus proche du centre. . . . . 0^c,41
Base opposée, la plus éloignée du centre . . 0 ,70
Hauteur . . . . 7 ,50

En interceptant au moyen d'un disque tournant un faisceau de rayons qui allaient illuminer une paroi, je m'assurai qu'il s'agissait de phénomènes purement subjectifs.

Les expériences sont disposées de la manière suivante :

A l'axe d'un petit moteur électro-magnétique, je puis fixer tantôt l'un, tantôt l'autre des disques inscrits dans le tableau précédent. A travers les fentes pratiquées dans ces disques, j'observe un des murs blancs de la chambre qui me sert de laboratoire, éclairé latéralement par le soleil. Je me place avec l'appareil près du mur opposé, à une distance d'environ 4 mètres, dans une position telle que je ne puisse voir la fenêtre qui est à ma gauche. De temps en temps j'observe différentes parties du ciel pour vérifier si les phénomènes notés dans les

premières conditions sont identiques à ceux observés dans les secondes.

Je mets en mouvement le disque soumis à l'observation, d'abord avec un vitesse très faible (en relation cependant avec le nombre des fentes, comme on verra plus tard) que j'augmente graduellement jusqu'à la disparition complète du violet uniforme et l'apparition sur le fond éclairé d'une lumière blanc-sale. Pendant tout le temps nécessaire à ces changements de vitesse, je tiens le plus qu'il m'est possible le regard fixé vers un point déterminé de la paroi contemplée.

Dans ces conditions, les apparences notées sont les suivantes, dont je décrirai l'une après l'autre les phases observées pendant l'augmentation graduelle de la vitesse.

Aussitôt que le disque commence à tourner apparaissent sur le mur éclairé par le soleil des ombres légères qui semblent y dessiner un réseau à larges mailles tout à fait semblable à l'arbre vasculaire des vases rétiniques [1].

Ce réseau semble devenir plus serré et prend des formes géométriques déterminées et une belle couleur verte sur un fond rose sombre.

Cette réticulation représentée par la fig. 1 de la planche V est d'une régularité surprenante. Les mailles sont parfaitement hexagonales et elle a l'aspect d'une belle mosaïque vert émeraude.

Cependant, peu à peu, le réseau disparaît à la périphérie et se concentre au milieu du champ observé, tout en se disposant en forme de croix à quatre branches, dont chacune représente une sorte d'éventail. Le centre de cette croix est un peu ovale.

[1] Helmholtz, *Physiologische Optik*, page 22.

Les deux couleurs, vert et rose sombre, se séparent quand la vitesse augmente et, à un certain moment, une vraie tache presque circulaire se substitue à la croix. Cette tache, localisée au centre de la vision, est verte au milieu et entourée d'un anneau d'un rouge mêlé de violet, plus rouge du côté du vert et tendant de plus en plus au violet dégradé au fur et à mesure qu'il s'en éloigne.

Peu après il se produit sur cette tache une singulière transformation. Le vert se concentre en un petit cercle et le rose-violet prend, pendant un instant très court, la place qu'il a abandonnée, puis on voit apparaître sur la tache une croix sautillante blanc-jaunâtre qui semble sortir du contour du cercle vert et a une apparence granuleuse. Cependant ces grains se fondent en même temps que les bras de la croix et la tache apparaît alors conformément comme il suit :

Au milieu, un cercle vert entouré d'une zone rouge-orangé, puis une couronne presque circulaire jaunâtre luisante qui rayonne comme un point lumineux vu de loin : enfin une auréole violet-bleu qui se dégrade sur une certaine étendue à partir de l'intérieur jusqu'à la périphérie. Cette tache s'ouvre et se referme de manière à apparaître scintillante.

La fig. 2 représente à peu près cette singulière mais très belle apparence, que j'appellerai *tache rayonnée* [1].

Pendant que les phases ci-dessus décrites, particulièrement l'avant-dernière, se manifestent, on voit se dessi-

[1] Les dessins que j'ai l'honneur de présenter ont été exécutés par M. Gironi, professeur de dessin ornemental à l'Institut de Reggio, qui a bien voulu observer et dessiner, dans la limite du possible, les images que je décris. Je sens le devoir de lui exprimer ici mes plus vifs remerciements.

(*L'auteur.*)

ner sur les parties latérales de la rétine des ombres de figure carrée ressemblant à des *grecques*, qui semblent plus grandes dans les parties les plus éloignées du centre de la rétine.

Si l'on change la direction des yeux, la tache et les grecques se déplacent, tout en conservant leurs positions relatives.

La tache rayonnée perd peu à peu son centre : la partie rayonnée s'étend en même temps qu'elle se partage, donnant origine à une figure étoilée à plusieurs rayons qui se réduisent peu à peu à quatre, de sorte que la figure prend la forme d'une croix de Malte. Les parties rayonnées sont couvertes de stries très fines et les croix sont toujours scintillantes et de couleur jaunâtre. Les fig. 3 et 4 représentent l'*étoile* et la *croix* que j'appellerai rayonnée. Les parties les plus obscures sont *bleu-violet* sombre.

Cette croix s'élargit ; les stries délicates s'évanouissent dans les parties centrales; les branches se fondent ensemble, et le violet-bleu se retire, en se dégradant, dans les parties les plus lointaines. La tache jaunâtre couvre même uniformément pendant un instant tout le champ d'une couleur jaunâtre plus prononcée qu'auparavant. Toutefois, un moment après on voit apparaître au centre un anneau ovale bleu-violet entourant une superficie bleu clair qui se déforme en divers sens de manière à sembler oscillante. D'autres taches annulaires se montrent ensuite et, se soudant ensemble, forment une espèce de réseau bleu sur un fond jaunâtre.

Les parties latérales de la rétine présentent encore dans cette phase des dessins fins et délicats en forme de *grecques*. Le réseau ne se maintient pas longtemps, et

comme si le bleu se concentrait en quelques points particuliers, on voit apparaître une figure étrange qu'on peut en quelque sorte comparer à une rose à quatre pétales. Sa couleur est d'abord bleu clair, puis bleu intense, enfin violet-rose, et elle est toujours scintillante. En même temps son contour passe du jaunâtre à un jaune plus prononcé puis au jaune verdâtre.

La fig. 5 représente à peu près cette apparence singulière. Pour une autre petite augmentation de la vitesse du moteur, la rosette devient fixe, les taches se fondent ensemble et donnent origine à une tache unique à contour irrégulier, mais cependant allongé horizontalement, d'un beau violet, un peu bleu, entouré d'une auréole jaune-verdâtre très marquée dans le voisinage de la périphérie de la tache violette.

Peu à peu la tache s'élargit et recouvre le champ entier, et alors la paroi se montre teintée uniformément d'un beau violet rose parsemé de grecques plus obscures que le fond, et par conséquent très accentuées.

Dans cette phase, le point correspondant au centre de la vision semble plus rose et les points correspondants aux parties externes de la rétine se rapprochent davantage du bleu. En outre, si on laisse les yeux se reposer pendant un moment, on aperçoit autour de la partie centrale des petits carrés rouge-orangé et bleu intense. Peu à peu ceux-ci disparaissent et dans l'espace qu'ils renfermaient apparaît une tache formée de filaments brillants blanchâtres irrégulièrement disposés autour d'un cercle central violet clair, et qui constituent une espèce de rose.

La fig. 6 représente cette tache.

Cette phase est la dernière; quand elle est terminée, le fond est uniformément coloré d'un beau violet, moins intense toutefois que le précédent.

En même temps que la vitesse augmente, le champ se recouvre de taches circulaires blanc-jaunâtre qui finissent par l'envahir complètement et le font apparaître blanc grisâtre.

Quand la vitesse est arrivée à ce dernier degré, si l'on interrompt le courant du moteur, de manière à ce qu'il revienne graduellement et spontanément à l'état de repos, on voit se succéder comme dans un panorama toutes les apparences décrites, avec une clarté qui ne permet pas de supposer que ce soient des illusions.

Mon attention, après s'être arrêtée sur les singulières transformations auxquelles la tache est sujette, fut attirée par les changements de couleur du fond sur lequel la tache semble projetée, changements qui sont clairement perçus par les parties périphériques de la rétine et qui, comme nous le verrons, présentent beaucoup d'intérêt.

On peut observer ces variations pendant l'augmentation graduelle de vitesse, mais beaucoup mieux encore quand la vitesse décroît. Plus le temps que dure la contemplation est court, et plus les tons des couleurs sont marqués : pour une observation prolongée, même de très peu, ces tons varient subitement, ce qui a été du reste prouvé par les recherches importantes de Kunkel.

Quand on porte la vitesse du disque au degré auquel apparaît le blanc-sale, et qu'ensuite on interrompt le courant du moteur, si on tient les yeux fixés sur le mur de manière à éviter tout changement de direction, quelque petit qu'il soit, les couleurs qui se succèdent sur le fond sont les suivantes :

Le champ blanc-grisâtre commence à se parsemer de taches violet-rose qui finissent par s'étendre et par le recouvrir uniformément. Ce violet s'accentue de plus en

plus pendant que se montre la tache en forme de grande rose, puis les petits carrés rouge-orangés et bleus, en même temps qu'en général le violet, tirant sur le rose au centre et sur le bleu à la périphérie de la rétine, se couvre de magnifiques grecques, comme il a été dit plus haut. A cette phase en succède une autre, singulière et très importante à noter.

Le violet-bleu de la partie externe se retire peu à peu vers le centre où il forme une tache, comme il a déjà été dit, entourée d'une auréole jaune-vert.

Dans cette espèce de concentration, le violet fait place à sa couleur complémentaire, le jaune-vert, d'autant plus intense qu'il s'approche davantage de la tache centrale.

Mais le jaune-verdâtre perd le vert et tourne au jaune pur pendant qu'on voit se produire dans la tache des transformations, non seulement de forme mais encore de couleur. Ces tons de violet-rose s'accentuent vers le bleu, complémentaire du jaune.

A ce moment on a donc un champ jaune paille sur lequel apparaît projetée, au point correspondant au centre de la rétine, la rosace bleüe scintillante.

Pendant un instant, la rosace, changée en une réticulation à mailles irrégulières et larges ressemblant à l'arbre vasculaire, puis en anneaux violet-bleu, comme cela a déjà été dit, se montre sur un champ jaune, mais peu après le jaune se retire au centre pour former la croix et l'étoile rayonnée, pendant que les taches violet-violet bleuâtre se retirent à la périphérie et qu'une couleur bleue, qui part des parties les plus éloignées de la rétine et va vers les plus centrales, recouvre le reste du fond.

Les taches rayonnées rappelées ci-dessus persistant, le champ bleu se rapproche graduellement du vert, et

arrivé à cette couleur, l'*étoile* rayonnée se transforme et fait place à la *tache* rayonnée à centre vert contournée de rose-orangé.

Le vert se retire aussi de la périphérie au centre, laissant à sa place un rose légèrement teinté de violet dans les parties les plus éloignées et plus rose près du centre, où il forme le contour de la tache, qui n'est plus rayonné mais d'un beau vert uniforme.

Après cela on observe le passage à la réticulation vert-émeraude sur le champ violet rose obscur.

Les phases qui se distinguent le mieux sont : le passage du violet-rose au jaune-vert et du jaune au bleu ; les autres sont un peu confuses, parce que le moteur est arrivé à une vitesse très faible.

Si l'on déplace les yeux pendant l'expérience, la tache et les grecques se déplacent aussi, le premier correspondant toujours au point fixé, et les secondes aux parties les plus éloignées, c'est-à-dire aux parties les plus distantes, du centre de la rétine. Cela démontrerait que, des phénomènes subjectifs dont je parle, ceux qui se rapportent aux taches sont particuliers à la *macula lutea* seulement, tandis que les autres correspondent aux ramifications du nerf optique ; peut-être que les figures en forme de grecques qui, du reste, s'observent spécialement sur les parties latérales de la rétine, plutôt qu'en haut ou en bas, doivent leur origine à la structure même de la rétine.

Ces observations, ajoutées aux variations des couleurs relatives du champ et de la tache, me conduisirent à étudier les effets qui se produiraient en fermant et ouvrant les yeux devant une phase déterminée.

Je donnai au moteur la vitesse à laquelle le champ m'apparaissait violet-rose avec la dernière tache décrite,

parce que je pouvais facilement le fixer à cette phase de mouvement sans avoir des variations à intervalles très brefs, puis je fermai les yeux pendant un moment pour les rouvrir ensuite.

Il m'apparut alors au milieu du champ un grand espace jaune, au contour légèrement bleu, qui se ferma rapidement laissant le fond couvert d'un beau violet-rose. Les grecques apparurent ensuite, d'abord dans les parties éloignées, puis dans celles plus rapprochées du centre, et, finalement, après la disparition de celle-ci, apparut au centre la tache en forme de rose composée des filaments brillants habituels, comme il a été dit plus haut.

Si l'on observe seulement la rapidité de perception de la partie centrale de la rétine, on note alors des effets intéressants.

On donne au moteur la vitesse à laquelle on n'aperçoit que la tache violette sur un champ jaune-vert, puis après avoir fermé les yeux pendant un instant, on les rouvre. La tache qui se présente est la *tache rayonnée* puis les autres formes, jusqu'à la violette, se succèdent rapidement. Il n'est pas possible de percevoir immédiatement les phases qui correspondent à la vitesse du moteur : c'est toujours une phase inférieure qui se présente.

Il me semble que ces observations se relient avec d'autres faites par M. Purkinje [1], M. Helmholtz [2], M. Maxwell [3], etc, et desquelles je me réserve de parler plus loin.

[1] Purkinje, *Beobachtungen und Versuche.*

[2] Helmholtz, *Opt. physiol.*, pages 380 à 382 et pages 419 et suivantes.

[3] On the unequal sensibility of the *foramen centrale* to light of different colours. Athen, 1856.

Tels sont, en général, les phénomènes qu'il me fut donné d'observer dans les conditions où je me trouvais.

Toutes les phases cependant n'apparaissent pas avec les disques à nombres différents de fentes, et j'ai spécialement décrit celles observées avec les disques n°s 2 et 4.

Avec les disques n°s 1 et 3 on ne peut arriver, avec mon petit moteur, à obtenir une vitesse suffisante pour embrasser toute la série, spécialement la coloration violet-rose parsemée de grecques.

Il est au contraire plus facile d'observer les premières phases, comme la réticulation verte, la première, la seconde, la troisième et la quatrième phase de la tache centrale. Les couleurs du fond, telles que le vert, le bleu et le jaune-paille sont assez marquées, mais les couleurs plus hautes, telles que le jaune-verdâtre et le violet, le sont peu, de même que les taches que l'on y rencontre, à cause de l'insuffisance de la vitesse pour obtenir claires ces colorations. Cette différence s'aperçoit très bien si, comme il est dit plus haut, on laisse le disque retourner au repos après lui avoir imprimé la plus grande vitesse possible.

Dans ce cas on voit très bien que le violet qui tendait à se former est pâle, ainsi que le jaune-verdâtre, mais qu'ensuite le jaune-paille est de la nuance ordinaire, comme aussi le bleu et le vert qui lui succèdent : ce qui me fait supposer qu'il doit intervenir un effet de contraste dans le degré de vivacité que présentent les couleurs.

Avec les disques n°s 5, 6, 7, 8, 9 et 10, on ne peut obtenir un minimum inférieur à l'apparition de la *croix rayonnée* scintillante, de manière que les phases inférieures ne sont pas visibles, mais on observe mieux les phases supérieures. Ainsi on voit se présenter très beaux le

champ violet-rose couvert de grecques, les petits carrés rouge-orangé et bleus, la dernière tache, et finalement le champ blanc-grisâtre, celui-ci cependant plus clair que pour les disques à 8 fentes. Si l'on interrompt le passage du courant dans le moteur, les couleurs successives que présente la paroi, c'est-à-dire le violet-rose, le jaune-vert, le jaune et le bleu, se montrent belles et très marquées.

En somme, avec des disques à 6 fentes, les dernières phases ne se montrent pas, pendant qu'avec ceux à 12 ou plus, on ne peut voir les premières, avec ceux à 8 fentes on peut les constater toutes. Cela démontre donc qu'à une phase donnée correspond une vitesse déterminée et, par conséquent, une intermittence déterminée dans l'illumination des différentes parties de la rétine.

Pour des disques pesants dans lesquels la vitesse croît plus régulièrement et plus lentement, les différentes phases de la tache sont plus facilement perceptibles, spécialement en ce qui concerne la forme : cela démontre qu'il serait possible de faire des observations encore plus exactes avec un moteur dans lequel la vitesse, variable à la volonté de l'opérateur, pourrait toutefois se maintenir constante pendant tout le temps que celui-ci le désirerait.

J'aurais voulu faire quelque détermination à ce sujet pour divers disques, mais ne possédant pas pour le moment un moteur approprié à de si délicates recherches, je n'essayai même pas. Du reste, quant au violet continu et uniforme, j'ai déjà les déterminations dont j'ai parlé d'abord et qui démontrent que les vitesses sont en rapport inverse du nombre des fentes, et les observations que j'ai décrites pour les différents disques sembleraient montrer que dans l'apparition des diverses phases de la tache, la même loi se vérifierait encore. En tous cas, je

me réserve de reprendre mes recherches à ce sujet aussitôt que j'en aurai les moyens.

Pour toutes ces apparences, la différence d'illumination entre l'observateur et l'objet observé, a une influence marquée sur l'intensité de la coloration des diverses taches et des champs. Il faut se mettre le plus possible dans la condition d'avoir de brusques intermittences d'illumination, de manière que le *vide* de la fente corresponde réellement à l'illumination instantanée, et le *plein* à l'obscurité complète. C'est pour cela que je cherche à tenir les yeux le plus près possible du disque et à l'abri de la lumière latérale.

C'est peut-être à cause de cela que ces apparences avec leurs phases n'ont pas été bien constatées sur des disques à secteurs blancs et noirs tournant à la lumière diffuse.

Les phénomènes dont je parle demandent un long et patient exercice pour être surpris dans toutes leurs phases. S'il est facile, même sans être habitué à de telles observations, de voir les grecques et la croix bleue-violette, il n'en est pas de même pour les autres phases. Celles-ci exigent des conditions spéciales telles que, outre celles déjà indiquées, la position commode de l'observateur, la rétine pas trop fatiguée, etc., etc.

Tel est l'exercice auquel je me suis livré et qu'il ne m'est pas possible de m'ôter de devant les yeux les phases des images décrites, ce qui me gêne dans l'observation de l'ensemble du champ, dont la majeure partie se dessine sur les parties latérales de la rétine.

De même que j'avais soumis en même temps les deux yeux à l'illumination intermittente, je recherchai aussi si les mêmes phénomènes seraient visibles pour chaque œil

séparément, dans les mêmes conditions. Je mis devant un de mes yeux un morceau de drap épais noir, en évitant toute pression, pendant que l'autre œil observait le champ illuminé.

Dans la couleur du fond et des taches, dans la forme de celles-ci, etc., il ne me fut pas donné de constater des différences entre l'œil droit et l'œil gauche, si ce n'est que celui-ci semblait se fatiguer plus tôt que l'autre.

Peu de temps après j'observais des phénomènes qui doivent être certainement ceux que Vierordt[1] attribue à la circulation du sang.

Le fond observé devenait vert-obscur, parsemé d'un nombre infini de petits points brillants qui se mouvaient généralement en sens opposé à la rotation du disque, mais qui souvent prenaient la direction contraire. Ensuite ces apparences disparaissaient et le champ se montrait rouge obscur. Alors j'apercevais sur le fond une réticulation à angles très aigus dont les mailles semblaient constituées par de petits canaux transparents dans lesquels de petits globules se mouvaient l'un derrière l'autre avec une assez grande rapidité. Peu à peu le champ s'éclairait, le réseau s'évanouissait, le vert réapparaissait, puis un bleu clair, et finalement le blanc-jaunâtre, rétablissant ainsi la première sensibilité, pour diminuer ensuite comme auparavant et passer par les phases ordinaires. Ces oscillations de sensibilité deviennent plus rapides et la période de diminution a une durée supérieure à celle de rétablissement, quand l'œil est très fatigué, de manière qu'à la fin la période d'excitabilité est beaucoup plus petite que l'autre. Ce qui me sert de criterium pour l'af-

[1] Vierordt, Wahrnehmung des Blutlaufs in den Netzhautgefässen. *Arch. für physiol. Heilkunde*, 1856.

firmation de cette particularité, c'est que pendant les premières alternatives il m'est possible de discerner toutes les phases de la tache ; après quelque temps, au contraire, la perception se perd et j'arrive à peine à la rayonnée. Toutefois, malgré la grande fatigue de la rétine, j'arrive encore à distinguer les couleurs de la première tache.

L'œil droit présente les mêmes phénomènes, mais moins rapides, ce qui démontre que la fatigue s'y produit après un temps plus long.

Pour faire ces observations, il faut s'être longtemps exercé et faire un grand effort de volonté afin de tenir l'œil fixé vers un point déterminé de l'objet que l'on observe, car l'œil éprouve une tendance constante à se mouvoir dans le sens de la rotation du disque.

III

Rotation de disques à ouvertures circulaires. Observations avec les deux yeux.

La forme particulière, toujours voisine du carré, que prenaient les figures observées dans les parties latérales de la rétine et que j'ai comparées à des *grecques,* me fit soupçonner qu'elle pouvait dépendre de la forme des fentes qui devaient pendant un instant (peut-être insuffisant pour laisser l'impression de leur forme) se peindre sur la rétine ; d'autant plus que, si Purkinje[1] les avait remarquées dans la rotation de disques à secteurs blanc et noirs, Helmholtz[2] n'y était pas parvenu ; et cela me jetait dans un doute auquel je désirais vivement me soustraire.

[1] Purkinje, œv. cit. page 10, v. I.
[2] Helmholtz, œv. cit. page 381.

Dans ce but, je préparai trois disques d'un carton assez épais à trous circulaires dont les dimensions sont données ci-dessous :

Numéros d'ordre des disques.	Diamètre des disques.	Nombre des ouvertures.	Diamètre des ouvertures.
	CENT.		CENT.
1	30	4	2
2	»	6	2
3	»	6	1,3
4	»	8	1,6

et je m'en servis pour faire les expériences dans les conditions décrites plus haut.

Les phénomènes observés furent identiquement les mêmes pour les disques nos 3 et 4, avec lesquels les apparences déjà décrites se montrèrent très belles l'une après l'autre.

Avec les disques nos 1 et 2, les premières phases de la tache étaient peu visibles, ils produisaient des effets équivalents à ceux des disques à plus de huit fentes.

Une chose singulière cependant attira mon attention. Quand la vitesse de rotation était sur le point de se réduire à zéro, je voyais apparaître au milieu du réseau des points très lumineux colorés les uns d'un beau vert-émeraude, les autres d'un rouge-rubis flamboyant; ces points se mouvaient avec une certaine rapidité, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre.

Avec les disques à fentes, j'avais remarqué quelquefois au commencement de la rotation des points mobiles, mais je n'étais jamais parvenu à les voir bien distinctement.

En outre, je fus surpris de trouver, avec une sem-

blable illumination, les grecques plus belles et plus marquées, sans doute parce que l'intensité de la lumière qui éclairait la rétine était plus grande.

Cela démontre que ces figures sont certainement dues à la structure anatomique de la rétine et à la différence de sensibilité de ses divers éléments.

IV

Observations faites avec les deux yeux et par une faible illumination.

Je n'ai pas négligé de faire aussi des observations par une illumination faible, toujours cependant dans les mêmes conditions. Quelques-unes des premières phases de la tache se distinguaient passablement, comme, par exemple, la réticulation et la croix qui lui succède. On voyait aussi, quoique peu distinctement, un commencement de tache rayonnée.

Les tons des couleurs, tant de la tache que du fond, sont un peu différents. D'abord le rouge, peu marqué dans les expériences déjà décrites, apparaît maintenant quand le disque commence à tourner, et se montre mélangé de jaune, de manière qu'il s'éloigne de sa nuance véritable : le vert est très sombre et le bleu a du violet-obscur.

Partant de la plus grande vitesse à laquelle on voit un blanc-grisâtre, les couleurs se succèdent à peu près ainsi : violet fondu obscur ; bleu-violacé-vert, prononcé mais obscur, enfin rose-jaunâtre.

Sur le champ violet il ne se présente aucune tache ; sur le champ bleu on aperçoit au centre une tache scintillante violacée aux contours peu marqués plus longue dans le

sens transversal; sur le fond vert la tache est aussi de forme incertaine et violet-rose, sur le fond rougeâtre apparaît un réseau vert à mailles hexagonales qui semble occuper d'abord une aire plus grande et qui se concentre ensuite vers le point fixé. Les *grecques* se montrent dans le violet et dans le vert, mais peu distinctes. Avec un disque à trous circulaires, les teintes sont plus marquées, les taches sont de forme ovale; cependant la différence n'est pas grande.

On fait de meilleures observations en noircissant la face du disque qui regarde l'observateur. Alors la tache violette apparaît semblable à une croix scintillante à quatre branches, et la tache sur le champ vert est bleuâtre au milieu, entourée d'un petit cercle obscur; elle est ordinairement ovale et allongée dans le sens horizontal. Le réseau vert est splendide. Les couleurs du fond sont aussi plus vives, et le rose, le vert et le bleu ressortent davantage et ont leur nuance propre.

En général cependant, les phénomènes qu'on observe à une lumière faible sont peu distincts, particulièrement pour ce qui a rapport aux couleurs, très difficiles à distinguer à cause de la faiblesse de la lumière.

D'autre part, si l'on s'arrête un peu sur une couleur déterminée en maintenant dans une phase donnée la vitesse du moteur, la nuance change rapidement et (pour mon œil) la tendance au violet-rose sombre persiste toujours.

Je n'ai donc pas prolongé mes observations dans ces conditions.

V

Conclusions.

Et maintenant qu'il me soit permis de considérer un moment les faits exposés plus haut.

Helmholtz avait observé qu'en faisant tourner un disque à secteurs blancs et noirs, d'abord lentement, puis de plus en plus vite, pendant qu'on le regarde fixement de manière à éviter tout changement dans la direction du regard, on observe sur le disque une série de phases colorées qui se réduiraient spécialement à deux : au violet-rose et au vert-bleuâtre. Il trouve que les teintes varient avec la vitesse de rotation et avec l'intensité de l'illumination du disque. Ainsi, pour une faible vitesse, c'est le vert-bleu qui prévaut, tandis que pour une vitesse plus grande c'est le violet-rose. Par une lumière faible, le ton rougeâtre tend au jaune-rouge, et le bleuâtre tend au violet; pendant que pour une lumière intense le premier tend au rouge et le second au vert-bleu.

En outre, quand la vitesse de rotation est telle que les secteurs ne s'aperçoivent plus distinctement, le champ se montre jaspé de taches papillottantes entre le rose-violet et le gris-vert. Ce papillottement diminue graduellement jusqu'à ce qu'il disparaisse avec la couleur violette qui fait place au gris. Au milieu de ce papillottement, Helmholtz et Purkinje notent des figures bizarres que ce dernier appelle *Lichtschattenfigur* (figure d'ombre et de lumière). Selon ce savant, on voit apparaître sur le disque en mouvement des dessins à broderies d'autant plus fines que la vitesse s'accroît davantage et qui présentent la forme de carrés et d'hexagones très réguliers. En

outre, au point correspondant à la *macula lutea*, on remarque une espèce de figure arrondie, ovale, qu'on peut comparer à une rose à pétales hexagonaux. Helmholtz ne parvint à voir que la rose correspondant à la *macula*, mais non les figures hexagonales.

Le même physiologiste, au § 25 de l'ouvrage que j'ai déjà cité et qui a pour titre « *Divers phénomènes subjectifs,* » parle de la visibilité de la *macula lutea* et des recherches faites à ce sujet par divers savants, et il dit que pour une illumination intermittente, de vitesse modérée, « elle se distingue au milieu des figures chatoyantes de la rétine sous la forme d'une image étoilée « très remarquable. »

Il rappelle en outre que dans l'observation entoptique de la tache jaune et de ses parties, la *fovea* qui, selon ce qu'on en sait, serait le point principal de la vision, apparaît entourée d'un anneau obscur qui aurait une dimension déterminée; et cet anneau obscur serait quelquefois entouré d'un autre anneau plus clair appelé *anneau de Loewe,* du nom du savant qui le découvrit.

Heidinger[1] et Maxwell[2] ont fait des observations identiques.

C'est tout ce qui avait été trouvé à ma connaissance sur ces phénomènes singuliers et délicats, quand je commençai mes recherches.

Il me semble que mes nouvelles observations comblent en partie quelques lacunes laissées par les expérimentateurs, soit sur les phases colorées des disques tournant lentement soit sur la visibilité de la *macula* et des phéno-

[1] Heidinger. Die Loewe'schen Ringe, eine Bewegungs-Erscheinung. *Pogg. Ann.* B. 88, etc., etc.

[2] Maxwell, œv. cit.

mènes qu'elle présente, et qu'elles apportent une contribution à la connaissance des propriétés des diverses parties de la rétine, déjà en partie révélées par d'illustres observateurs, mais sur lesquels il reste encore beaucoup d'obscurité.

Selon l'idée que je me suis formée de l'étude de ces curieuses apparences, il me semble que pour bien discerner toutes leurs phases, deux conditions sont nécessaires :

1° Que l'intermittence de l'illumination, c'est-à-dire l'alternance de lumière et d'obscurité, soit la plus complète possible ;

2° Que la différence d'illumination entre l'observateur et l'objet observé soit très marquée, de manière qu'il ne puisse arriver sur la rétine d'autre lumière que celle qui peut y arriver par les trous ou les fentes.

Dans la rotation des disques à secteurs blancs et noirs, il ne me semble pas que ces deux conditions aient été pleinement satisfaites.

Au lieu d'une véritable intermittence, on a simplement à faire ici à des variations de l'intensité lumineuse tantôt en plus, tantôt en moins, mais toujours entre des limites assez restreintes. C'est certainement pour cette raison qu'il n'est possible de découvrir sur ces disques que peu de phases colorées et peut-être deux phases seulement de la tache qui ressort si clairement dans l'intermittence produite par les disques à fentes.

J'ai cherché à répéter les expériences de Helmholtz avec des disques préparés de diverses manières, soit à secteurs en nombre plus ou moins grand, soit à couronnes concentriques, ou à étoiles noires sur fond blanc (voyez fig. 137 et 138 de l'ouvrage cité), soit à rectangles noirs plus ou moins étendus, au lieu de secteurs.

Les conclusions auxquelles je suis arrivé sont les suivantes :

Dans la rotation de ces disques à la faible lumière d'un jour pluvieux, les phases colorées sont très faibles et on y distingue, fort peu il est vrai, le rouge-jaunâtre très peu marqué et le bleu-violet foncé. — Les *grecques* sont visibles et se présentent même très délicatement dessinées quand la vitesse de rotation du disque se rapproche de celle qui produit le gris. La tache tendrait à se former au milieu de la lumière papillottante, mais elle ne se distingue pas bien.

A la lumière diffuse, par une belle journée, les phénomènes étaient plus marqués. Le rose ressortait bien et le vert avait sa véritable nuance. — Quand le disque était animé d'une vitesse telle que les secteurs commençaient à se montrer multiples, le beau réseau vert à mailles hexagonales apparaissait sur le disque ; puis ensuite un commencement de tache rayonnée qui cependant n'était pas nettement discernable. Les *grecques* étaient bien dessinées et d'une délicatesse surprenante, toujours cependant plus distinctes sur les parties latérales de la rétine.

J'observai aussi sur ces disques que, lorsque prédomine un violet-rose uniforme, la nuance est plus près du rose au centre de la vision, pendant que vers la périphérie la rétine tend davantage au violet-bleu.

Dans la rotation de ces disques à la lumière directe du soleil, le rose tendant au rouge et le vert-bleu étaient splendides. Le réseau à hexagones sur fond rouge ressortait davantage et avait une nuance beaucoup plus rapprochée du bleu. La tache se montrait d'abord comme une surface presque circulaire verte entourée de rose et ensuite comme une rosace rayonnée. Dans la succession

des champs, je n'ai réussi à noter parfaitement que les deux couleurs vert-bleu intense et rouge-rose. Les *grecques* sont aussi bien marquées, et, par une rotation lente, on voit le réseau à hexagones agrandir ses mailles vers les parties de la rétine les plus éloignées. Les figures quadrilatères et hexagonales décrites par M. Purkinje m'apparaissent si clairement que je ne puis m'expliquer comment M. Helmholtz n'est pas arrivé à les distinguer.

En général donc, les phénomènes que l'on observe avec les disques à fentes tendraient à se produire encore avec ceux à secteurs blancs et noirs, et si nous n'en avons pas une perception nette, je crois que cela est dû d'abord à l'imparfaite intermittence d'illumination, et, en second lieu, au trouble qu'apporte à des perceptions d'apparences si délicates la lumière permanente reçue obliquement par la rétine et réagissant sur elle. Ce trouble est d'ailleurs d'autant plus grand que l'intensité de la lumière qui illumine le disque est plus faible, raison pour laquelle à une lumière faible les taches sont peu ou pas du tout visibles.

De même aussi avec les disques à fentes la variation de l'intermittence et de l'illumination oblique de la rétine font varier les couleurs et rendent moins visibles les phases de la tache. Si à un moment donné, en effet, on éloigne les yeux du disque qui tourne avec une vitesse déterminée, en tirant un peu la tête en arrière, une variation notable de nuance se produit aussitôt sur le fond; et la tache s'affaiblit jusqu'à disparaître. Si, par exemple, le champ est violet continu, la couleur disparaît immédiatement sur les parties périphériques de la rétine où elle est remplacée par une autre couleur,

qui est un mélange de violet, de jaune et de gris; et au centre apparaît une tache violacée.

Dans l'illumination faible, on voit tout de suite naître une différence en noircissant la face du disque tournée vers les yeux.

La faible intermittence produite par les disques à secteurs blancs et noirs, engendrant des couleurs relativement peu marquées et jamais uniformément réparties sur le champ observé, rend nécessaire un certain exercice, non seulement pour les reconnaître, mais encore pour bien constater leur disposition et, plus encore, pour bien voir ce qui concerne la tache.

En soumettant à plusieurs reprises différentes personnes à ces expériences, j'ai remarqué qu'elles ne commençaient à voir que peu à peu, malgré qu'elles fussent averties d'avance de ce que leurs sens devaient percevoir. Et ce ne fut pas sans difficulté que quelqu'une d'entre elles est arrivée à constater l'existence de la tache. Moi-même, je le confesse, avant d'arriver à la discerner comme à présent, j'ai dû m'exercer d'abord à la constater avec les disques à fentes.

M. Helmholtz a cru qu'il fallait quelque chose de plus que le simple exercice. Il dit, page 381 de son ouvrage : « Ces phénomènes de coloration ne se présentent pas « ordinairement au premier aspect, il faut prolonger « l'observation pendant quelque temps et alors les cou- « leurs deviennent graduellement de plus en plus bril- « lantes. Il paraît donc nécessaire que l'œil soit amené à « un certain degré de fatigue pour la lumière papillot- « tante. »

Les conditions dans lesquelles j'ai pratiqué mes observations me conduisent à m'écarter sur ce point de l'opi-

nion de l'illustre savant allemand. En effet, la coloration violet-rose fut observée par moi la première fois par hasard à un moment où mes yeux n'avaient pas été soumis depuis fort longtemps à cette espèce d'observations, et elle fut perçue aussi par des collègues et des étudiants dont les rétines étaient absolument vierges de ces apparences visuelles.

Après une interruption d'environ quatre mois, je repris mes recherches et je ne trouvai aucune variation dans l'intensité de ce beau violet-rose que j'avais observé auparavant, et je n'ai pas rencontré de difficultés à l'apercevoir chez les personnes que j'ai soumises ici à mes expériences.

La question me paraît consister entièrement dans l'exercice de l'attention. Par les phases qu'à subies ma puissance de perception relativement à la tache, je suis convaincu que l'attention seule a exercé sur elle une influence.

Je commençai par voir quelque chose de confus dans le champ de la vision et précisément au centre; puis des formes, et enfin des colorations délicates. La rosace bleu violet sautillante, la tache violacée et les *grecques* furent les premières figures que l'œil apprit à reconnaître et à distinguer; vinrent ensuite les formes rayonnées puis la tache verte à contour rosé et enfin la réticulation vert émeraude. Plus tard mon attention se tourna vers les variations de couleur du fond et alors je notai la succession des teintes que j'ai décrite. En somme je n'ai pas tout observé d'une seule fois, mais graduellement, de sorte que j'ai eu pleine conscience de la part qu'y a prise l'attention. Et maintenant je ne pourrais pas moins faire que de noter, dans l'illumination intermittente de ma

rétine, les phénomènes décrits, et la tache est devenue pour moi tellement claire et persistante que souvent, distrait dans la contemplation de la couleur du fond, je me touche involontairement les yeux comme pour en chasser quelque chose d'étranger à moi-même.

Et n'est-ce pas M. Helmholtz qui, dans les belles pages (82 et suiv.) de sa *Théorie physiologique de la musique*, et de son *Optique physiologique* (§ 26), a si admirablement démontré l'influence que l'attention exerce sur la puissance de perception ?

Combien de phénomènes furent ignorés jusqu'à présent pour n'avoir pas attiré l'attention ? Et combien resteront encore inconnus, particulièrement dans l'ordre des phénomènes subjectifs ?

Personne n'ignore combien le grand physicien Faraday insistait à considérer l'attention, dirigée séparément sur chaque point d'un phénomène déterminé, comme le plus puissant facteur de l'observation.

C'est indubitablement l'attention qui crée entre l'impression et la perception *les lignes de la plus faible résistance*[1].

Je crois donc fermement que l'attention seule a pu me conduire à noter les phénomènes subjectifs dont j'ai parlé jusqu'ici, et à compléter les belles observations de Purkinje, Helmholtz, Maxwell et autres illustres savants.

Je passerai maintenant à quelques brèves considérations théoriques.

Les phases colorées qu'on a vu se succéder dans le champ lumineux, soit pendant l'augmentation, soit pendant la diminution de la vitesse de rotation, semblent appuyer les conséquences tirées par M. Helmholtz de ses

[1] Herbert Spencer, *Les premiers principes*. Paris, 1871.

observations sur les disques à secteurs blancs et noirs, c'est-à-dire :

« Lorsqu'un point de la rétine reçoit des alternances « rapides de lumière blanche et d'obscurité, ce qui met « la rétine dans des états successifs d'excitation crois- « sante et décroissante, le moment des *maxima* d'ex- « citation n'est pas le même pour toutes les couleurs : « l'excitation a lieu plus tôt pour le rouge et pour le « violet que pour le vert. »

Elles donnent de plus : 1° que pour avoir la sensation d'une couleur donnée, il faut que la vitesse de rotation des disques ait une valeur qui dépend du nombre des fentes, c'est-à-dire que le nombre des alternances de lumière et d'obscurité soit constant. Le maximum a lieu pour le rouge-violet, viennent ensuite par ordre de décroissance le jaune-verdâtre, le jaune, le bleu, le bleu-verdâtre et le vert. 2° Que la qualité de la sensation peut varier en même temps que l'intensité de la lumière intermittente objective.

Quant à la succession des phases, elle semble être en parfait accord avec celle qu'on observe dans les images accidentelles : et cela nous semble même un moyen de les produire d'une manière stable, de manière à ce qu'elles ne soient pas modifiées par le mouvement du corps ou par quelque autre cause, comme celles qui se produisent ordinairement.

Le violet-rouge excite la production du jaune-verdâtre ; celui-ci devient jaune, soit par la variation de la vitesse du moteur, soit peut-être par l'effet de la contemplation, et le jaune provoque dans la rétine cet état d'oscillation qui donne le bleu, lequel à son tour passe au vert qui éveillerait la sensation d'un rouge-rosé lequel apparaît en effet, quoique peu distinctement.

L'effet de contraste entre donc pour quelque chose dans la production de l'excitation de la rétine pour telle ou telle couleur ; la variation de l'intermittence est aussi une cause concomitante produisant dans la rétine des variations d'illumination qui sont toujours propices au développement des images accidentelles. Dans la tache apparaissent positivement des effets de contraste particulièrement sur le pourtour.

Passons maintenant aux singulières figures qui se présentent soit au point de convergence des deux yeux, soit sur les parties plus éloignées, et après avoir examiné la localité où se forment les unes et les autres et la persistance de leurs positions relatives, je n'hésite pas à dire que les premières sont produites par des modifications particulières que subit la *macula lutea*, et que les secondes, d'après la constance de leurs formes, sont dues à la structure même de la rétine et à la différence d'excitabilité de ses divers éléments par la lumière intermittente. Et même si on examine bien la localité où elles sont le plus distinctes, et qui se trouve toujours sur les parties latérales de la rétine les plus rapprochées du centre, on trouve un argument de plus à l'appui de l'idée exprimée par Aubert et Förster [3], c'est-à-dire que la faculté de distinguer diminue sur la rétine du centre à la périphérie, et plus rapidement du haut en bas que latéralement.

Quant aux causes auxquelles on peut attribuer le mécanisme des excitations diverses qui se produisent dans la *macula lutea* par la variation de l'illumination intermittente, et comment de l'état variable d'excitation peuvent naître les étranges apparences visuelles que j'ai décrites,

[1] Aubert et Förster, *Graefe's Archives für Ophtalmologie*, t. III, 2, p. 1.

je m'abstiendrai d'exprimer aucune idée, ce qui serait au-dessus de mes forces. La solution de ces questions complexes, d'une nature toute subjective, appartient sans doute à l'avenir de cette science nouvelle, l'optique physiologique, dont M. Helmholtz a démontré la haute portée.

Des observations que j'ai enregistrées il me semble qu'on peut seulement conclure pour le moment à une induction de M. Maxwell, qui pense que les parties centrales de la rétine, c'est-à-dire la tache jaune, sont moins promptement excitables que les parties périphériques, pendant qu'une impression lumineuse y persiste davantage.

On a vu plus haut en effet que, pendant que le disque est animé d'une vitesse telle que le champ soit coloré uniformément, si on ferme les yeux pour les rouvrir ensuite, la couleur violette se meut sur la rétine, et conséquemment par illusion sur la paroi observée, de la périphérie au centre.

En outre, la tache que l'on voit en ouvrant les yeux et qui va en se rétrécissant, est d'abord d'un jaune obscur qui peu après prend le ton jaune-verdâtre par le contraste du violet qui s'avance, et, quand le violet rose a couvert tout le champ, il apparaît plus rose au point correspondant à la *macula lutea* pendant que dans les parties plus éloignées il se rapproche davantage du violet-bleu.

Cette observation serait aussi une confirmation des idées exprimées par M. Ricco[1] et par Kunkel, c'est-à-dire que les parties centrales de la rétine seraient plus

[1] Ricco, A., *Memorie della Società degli spettroscopisti italiani.* Vol. IV, 1875, p. 129.

sensibles aux couleurs les moins réfrangibles du spectre et les périphériques aux plus réfrangibles.

D'autre part d'ailleurs, si on observe la disparition des couleurs du champ et de la tache centrale, on constate des faits qui appuyeraient en quelque sorte le principe que la persistence d'une action lumineuse est plus grande au centre qu'à la périphérie. On a vu en effet que les diverses couleurs du fond s'évanouissent toujours en se retirant de la périphérie vers le centre où elles persistent sous forme de taches pendant quelque temps, sauf quelques légers changements de tons dus certainement à un effet de contraste.

Une autre observation qu'il m'est arrivé dernièrement de faire par hasard, viendrait aussi appuyer le même principe.

Un matin, à peine éveillé et étendu dans mon lit, j'observais snr le plafond de la chambre une peinture formée par une rosace à feuilles grises, entourée d'un premier cercle bleu, puis d'un second cercle plus distant de la même couleur.

Le diamètre de ce dessin est tel qu'à la distance à laquelle je le voyais il était entièrement contenu dans le champ visuel. En le regardant fixément au centre je vis bientôt disparaître le cercle extérieur, puis le cercle intérieur, la rose grisâtre restant bien distincte au centre, mais s'obscurcissant de plus en plus en s'approchant de la périphérie. Si tout à coup je portais le regard d'un autre côté, je voyais les deux cercles d'une couleur jaune brillante et l'image plus blanche de la rose, puis les cercles disparaissaient les premiers et la rosace seulement plus tard, restant pendant un peu de temps encore comme une tache obscure, ovale, entourée par un anneau plus foncé.

Il semble donc que cette observation indique que les parties périphériques de la rétine se fatiguent plus vite que les parties centrales, et d'autant plus vite qu'elles sont plus éloignées du centre, ce qui expliquerait la moindre persistance des images sur ces parties, comme le pensent Helmholtz et d'autres savants.

Dans la tache apparaissent aussi des effets de contraste qui, comme on l'a vu, se manifestent vivement dans les auréoles qui l'entourent et en influencent souvent la couleur: et c'est là un facteur dont il faut tenir compte dans les conséquences à déduire relativement à la persistence.

Telles sont les considérations que j'ai cru pouvoir présenter sur les phénomènes que j'ai observés et que j'ai décrits aussi fidèlement que possible. La complication de ces phénomènes, complication due à tant de causes qui influencent des apparences si délicates, ne m'ont pas permis de tirer des conséquences nettes, comme il est possible de le faire pour d'autres phénomènes. Je crois pourtant avoir apporté quelque contribution à l'étude des propriétés de la *macula lutea*, et de la rétine.

Je m'occupe maintenant de l'étude des taches dans des lumières monochromatiques, ainsi que de quelques questions relatives aux *images accidentelles* et à la manière de les développer facilement en les rendant persistantes. J'espère pouvoir publier sous peu les résultats de ces observations.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

C. PIAZZI SMYTH. 14me VOLUME DES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES D'ÉDIMBOURG. 1 vol. in-4°, Édimbourg, 1877.

M. Piazzi Smyth, qui a succédé en 1845 à M. Henderson dans la direction de l'observatoire royal d'Édimbourg, et qui s'est fait connaître aussi dans le monde savant, soit par son expédition en 1857 sur le Pic de Ténériffe, soit par son étude sur les pyramides d'Égypte en 1865, a publié, vers la fin de l'année dernière, en un volume in-4° oblong de plus de 700 pages, accompagné de 22 planches, le tome 14me des Annales de l'observatoire d'Édimbourg.

Ayant déjà inséré, dans le numéro de novembre 1872 de nos *Archives*, une Notice sur le volume précédent de ces Annales, je ne rentrerai pas dans tous les mêmes détails, et je m'attacherai spécialement à présenter ici une courte analyse du nouveau volume.

Ce volume commence par une introduction, où l'auteur donne quelques détails généraux sur son observatoire, et passe ensuite à l'exposition du contenu du volume, qui se compose de quatre parties distinctes, savoir : 1° un catalogue d'étoiles ; 2° des observations thermométriques faites à une certaine profondeur en terre ; 3° diverses observations physiques et spectroscopiques ; 4° des rapports relatifs à l'observatoire, pendant l'intervalle de 1772 à 1777.

La première partie du volume en est de beaucoup la plus étendue, car elle occupe 641 pages. M. Smyth s'y est proposé de joindre aux résultats des observations d'étoiles, en ascension droite et en distance polaire, faites à Édimbourg, de 1830 à 1870, celles faites aux mêmes époques dans plusieurs des autres principaux observatoires, en les subdivisant en trois doubles décades : 1830, 1850 et 1870. Son but a été

de contrôler entre elles ces observations diverses, et d'en déduire, autant que possible, une juste appréciation du mouvement propre des étoiles comprises dans le catalogue.

Ce travail étant considérable, on comprend aisément qu'il n'a pu être exécuté que partiellement dans le volume actuel, quelque gros qu'il soit. Il comprend seulement les quatre premières heures en ascension droite des étoiles observées à Édimbourg, Greenwich, Oxford, Madras, Dorpat, Abo, Armagh, Washington, Melbourne et au Cap de Bonne Espérance. Le nombre des étoiles est de 641, et une page est consacrée à chacune d'elles.

M. Smyth s'est aperçu, dans le cours de ce grand travail, qu'une partie des observations de passages à la lunette méridienne faites par son prédécesseur, M. Thomas Henderson, ou sous sa direction, donnaient lieu à des erreurs en ascension droite qui pouvaient s'élever à trois ou quatre dixièmes de seconde de temps. Il a constaté que ces erreurs ne tenaient point à des défauts d'observation ou de calcul, mais à une cause physique, savoir : à de rapides variations de température, produisant des déviations de l'instrument en azimuth, et des altérations dans la marche de la pendule. Ces variations étaient dues, soit à la situation de l'observatoire sur le coteau de Calton Hill très exposé aux vents, soit à l'influence d'une lampe sur l'un des supports de l'axe de suspension de la lunette. Les erreurs se sont manifestées surtout dans les années comprises entre 1835 et 1840. M. Smyth a diminué autant que possible l'effet fâcheux de ces circonstances, effet qui n'a affecté en aucune manière les observations de distance polaire. Il estime que son catalogue donne des positions d'étoiles exactes à un dixième près de seconde de temps, pour l'ascension droite, et à une seconde et demi de degré pour la distance polaire.

La seconde partie du volume actuel est relative, ainsi que je l'ai annoncé plus haut, aux observations thermométriques faites à l'observatoire d'Édimbourg, soit à la surface du sol, soit à diverses profondeurs dans la roche porphyrique où les thermomètres ont été établis.

C'est en 1837 que ces instruments à esprit de vin y ont été placés avec soin, à 3,2 pieds anglais; $6^{p},4$; $12^{p},8$ et $25^{p},6$ au-dessous du sol, sous la direction du professeur de physique James D. Forbes, auquel la science est redevable de nombreux travaux, relatifs entre autres, à la théorie de la formation et du mouvement des glaciers.

Ce professeur a décrit lui-même, dans divers mémoires insérés dans les Transactions de la Société royale d'Édimbourg, l'établissement de ces thermomètres et les résultats des premières années d'observation. Elles ont été continuées dès lors et publiées successivement dans les mêmes Transactions. M. Smyth a inséré dans le volume actuel celles faites chaque semaine dans les années 1870 à 1876, ainsi qu'un tableau des moyennes mensuelles, de celles des saisons et de l'année. Il ne s'y trouve plus que trois des thermomètres, celui situé à $12^{p},8$ de profondeur s'étant brisé, en décembre 1860, par suite d'une forte gelée.

M. Smyth, après avoir rapporté les résultats que M. Forbes avait déduits des premières années d'observation, présente l'ensemble de ceux auxquels donnent lieu les trente-neuf années comprises entre 1837 et 1876. Il avait déjà communiqué en 1870 à la Société royale de Londres un mémoire à ce sujet.

Je vais analyser rapidement ces résultats, en réduisant en degrés centigrades les températures observées en degrés de Fahrenheit

La température moyenne de 55 stations écossaises de villes et de campagne est de 46°,4 Fahr., soit de 8° centigrades.

Celle du thermomètre à	3,2 pieds	a été de	7°,97 c.
"	6,4	"	8°,12
"	12,8	"	8°,28
	25,6	"	8°,47

L'amplitude annuelle d'excursion

du 1er de ces thermomètres		a été de	8°,34 cent.
2me	"	"	5°,61
3me			2°,21
4me	"	"	0°,74.

Le *maximum* de chaleur a eu lieu, en moyenne, pour l'air, aux environs du 25 juillet;

pour le 1er des thermomètres en terre, le 16 août.

« 2me	«	«	2 septembre.
« 3me	«	«	15 octobre.
« 4me	«	le 6 janvier de l'année suivante.	

Le *minimum* de chaleur a eu lieu, pour l'air, le 20 janvier;

pour le thermomètre n° 1, le 21 février,
« n° 2, le 19 mars,
« n° 3, le 22 avril,
« n° 4, le 8 juillet.

M. Forbes a conclu de ces résultats, que la roche de porphyre de Calton Hill équivaut, pour la température du dernier de ces thermomètres, à une profondeur qui serait une fois et demie plus grande dans une roche de grès (Sandstone) ou dans un sol mobile (loose soil).

La principale circonstance dont s'occupe M. Smyth dans l'examen de ces 39 années d'observations, dont il présente des tables et des courbes graphiques année par année, consiste dans des variations périodiques, indépendantes des annuelles, qui sont souvent d'une durée plus longue, et surpassent quelquefois en intensité les données ordinaires.

Ainsi, aux trois dates : 1846, 5; 1858, 0 et 1868, 7; distantes entre elles d'environ onze ans, il trouve le 1er thermomètre indiquant une température plus élevée que celle du 4me, au lieu d'être sensiblement plus basse. Ces variations sont dues à une cause provenant du dehors plutôt que du dedans de la terre, car, non seulement elles sont plus fortes alors dans les thermomètres les moins profonds, mais la date de l'excès de chaleur est plus tardive en proportion de la profondeur du thermomètre.

Les intervalles entre ces grandes vagues de chaleur sont, en général, remplis par trois plus petites vagues de chaleur, dont les entre-deux indiquent des périodes de froid, plus prononcées de chacun des côtés immédiats des grandes vagues de chaleur. Cela tend à prouver que la chaleur de la surface terrestre, dans ses variations avec le temps, est un résultat composé de différents effets ondulatoires, dont les

combinaisons peuvent accroître ou diminuer l'intensité des périodes de chaleur ou de froid. Outre celle de près de onze ans, il y en a d'autres de 3/4 d'année, de 2 ans et 1/2, et peut-être de 40 ans.

M. Smyth conjecture, d'après les résultats précédents :

1° Qu'il pourra y avoir une grande vague de chaleur vers le milieu de 1879, entre six mois de limite de part et d'autre.

2° Que 1878 et 1881, 4 sont, en revanche, des périodes de froid, entre $^3/_4$ d'année de limite de part et d'autre.

M. Smyth examine ensuite quelles peuvent être les causes de ces variations périodiques de chaleur à la surface de la terre. Elles sont probablement dues à quelque action du soleil, mais, quoique la principale paraisse avoir une période de onze ans comme celle des taches du soleil, l'auteur, d'après la comparaison qu'il a effectuée de leurs courbes respectives, ne trouve pas de coïncidence entre leurs *maxima* et *minima*. Il cite, à cette occasion, les recherches de M. le professeur américain Langley, qui paraissent lui avoir montré que la petite surface des taches solaires ne peut produire qu'un effet tout à fait insignifiant sur la chaleur climatérique de la terre.

M. Smyth a déjà énoncé, dans son mémoire de 1870 à la Société royale de Londres, l'idée que les émanations de matière gazeuse du soleil qui donnent lieu à ce qu'on nomme les *protubérances rosées*, pourraient être la cause des variations de température terrestre dont il vient d'être question, en augmentant la radiation de la chaleur solaire. Les observations spectroscopiques journalières de ces protubérances, qui ont lieu depuis quelques années dans les observatoires de Rome, de Padoue et surtout de Palerme, et qui se publient dans les Mémoires des spectroscopistes italiens, pourront servir à constater si la conjecture de M. Smyth est fondée.

L'introduction matinale accidentelle en septembre 1876, dans l'enceinte de l'observatoire d'Édimbourg, d'un marin aliéné, attaché à un bâtiment portugais stationné dans le port de Leith, a occasionné la fâcheuse rupture des thermomètres de cet observatoire, qui avaient été utilisés pendant 39 ans. Mais, sur la demande instante de M. Smyth,

MM. Adie et fils ont été chargés de rétablir ces instruments, et leur travail était déjà fort avancé en août 1877.

Je passe à la partie du volume relative à des observations spectroscopiques. Elle n'en occupe que 18 pages, et elle est surtout consacrée à la description des 15 planches qui y sont jointes. Les quatre premières de ces planches se rapportent à la lumière zodiacale: M. Smyth l'a observée à Palerme en avril 1872, et cela lui a fait voir que cette lumière n'avait point de lignes brillantes dans le spectroscope, mais présentait un spectre continu vert et bleu, tout à fait analogue à celui d'un très faible crépuscule.

Les cinq planches suivantes sont relatives à des aurores boréales observées à Édimbourg, de 1870 à 1874, dont le spectre a été comparé à celui d'une flamme de Lithium et de Sodium. Viennent ensuite quatre planches représentant le spectre de divers degrés de crépuscule observés à Palerme, et une autre relative à un phénomène de phosphorescence observé de nuit, en mer, près de Gibraltar, depuis un bateau à vapeur. Outre les détails photographiques donnés dans quelques-unes de ces planches, il s'y trouve de belles figures coloriées des phénomènes eux-mêmes auxquels elles se rapportent.

Les planches 14 et 15 méritent une mention un peu plus développée, parce qu'elles se rapportent à une nouvelle application météorologique de la photographie. Il s'agit d'une bande particulière du spectre de la partie basse du ciel, que M. Smyth a reconnu annoncer la pluie, d'une manière encore plus positive que ne le fait le baromètre. C'est en 1872, à Palerme, avant et après un scirocco, que cette bande s'est pour la première fois présentée à lui, et il l'a observée de nouveau en France et à Édimbourg. MM. Janssen et Angström l'avaient déjà reconnue, comme l'une des principales lignes du spectre provenant de la vapeur d'eau. On peut l'observer en voyage avec un spectroscope de poche, près de la ligne D de Fraunhofer, du côté droit. C'est surtout en été que M. Smyth trouve le spectroscope efficace pour annoncer la pluie, tandis que pour le baromètre c'est en hiver. Il estime que le premier de ces in-

struments doit, maintenant, faire partie d'un journal météorologique régulier, et donne à ce sujet des instructions détaillées pour en faire un usage approprié à ce but.

J'arrive, maintenant, à la 4me partie du 14me volume des observations d'Édimbourg, savoir : aux derniers Rapports de M. Smyth sur son Observatoire. La lecture de ces Rapports fait une impression plutôt triste que satisfaisante, parce que si, d'un côté, on y trouve mentionnés de très utiles travaux, de l'autre, on y voit que le Directeur est presque toujours obligé de demander à l'administration de nouvelles ressources pécuniaires, pour faire face aux dépenses de l'établissement. Ainsi, le grand Équatorial, depuis longtemps commandé à M. Grubb, est bien arrivé, mais il n'a pu être encore utilisé, faute d'appareils accessoires nécessaires et dispendieux. Les deux astronomes-adjoints de l'observatoire n'ont pas un traitement suffisant, et lorsque l'un d'eux trouve une meilleure position, on a de la peine à le remplacer. Je n'entrerai pas dans plus de détails sur ce sujet délicat. Je me bornerai à exprimer le désir qu'un savant aussi distingué et aussi zélé que M. Piazzi Smyth, qui dirige depuis 33 ans l'observatoire royal d'Édimbourg, obtienne satisfaction sur ses demandes, de sorte que cet établissement national soit à la hauteur de la science actuelle, et de la ville d'illustre université où il se trouve placé.

Alfred Gauthier.

G. St. Ferrari. Météorologie romaine. (1 vol. in-4° de 147 pages et 5 planches. Rome 1878.)

Le Père Ferrari, successeur du Père Secchi dans la direction de l'observatoire du Collége romain, a publié en italien, à l'occasion de l'Exposition universelle de Paris de l'année actuelle, le volume dont je viens de rapporter le titre. Il a pour objet l'exposition des travaux météorologiques effectués à Rome et de leurs résultats. Je me propose d'en présenter ici une analyse sommaire, propre à donner une juste

idée du climat de cette grande cité : et j'en comparerai quelques-uns des éléments à ceux relatifs à Genève.

M. Ferrari commence par faire l'historique des travaux dont il s'agit. Ils n'ont guère commencé que depuis 1780, où l'électeur Palatin Charles-Théodore donna à l'Europe une forte impulsion en faveur de la météorologie. Sans parler de quelques premiers essais de ce genre, on doit citer les observations faites de 1797 à 1821 par le chanoine de Saint-Pierre Philippe Gili, directeur de l'observatoire fondé par le pape Grégoire XIII. D'un autre côté, l'abbé Calandrelli, professeur au Collège romain, en commença, dès 1782, une série, dont les années 1782 à 1801 ont paru dans les Actes de l'Académie météorologique de Mannheim. Ces observations ont été continuées au Collège romain : d'abord dans l'ancien observatoire par MM. Conti, Dumouchel et de Vico, à la hauteur d'environ 53 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elles ont eu lieu, depuis la fin de 1854, dans le nouveau, situé au haut de l'église de Saint-Ignace, à 58 $^{1}/_{2}$ mètres au-dessus du niveau de la mer, sous la direction du Père Secchi. La publication de son *Bulletin mensuel météorologique* a commencé en 1862, et a été continuée dès lors sans interruption. Mais il y avait eu déjà plusieurs publications antérieures.

M. Lorenzo Respighi, directeur de l'observatoire du Capitole, y a établi en 1873 une nouvelle station météorologique, et il se fait actuellement aussi des observations du même genre à Velletri, à Tivoli, et au mont Cavo, dans le Latium.

M. Ferrari a partagé en trois périodes son examen détaillé des observations. La première comprend celles qui ont eu lieu de 1782 à 1827 ; la seconde, les observations de 1828 à 1852 et la troisième celles de 1853 à 1877. Ce n'est que dans cette dernière période qu'il a discuté les observations du baromètre ; et il s'est borné, pour celles du thermomètre, dans la première, à donner les courbes des *maxima* et *minima* de température, notées en degrés de Réaumur.

Les observations ont eu lieu, dans la seconde période, à

7 heures du matin, à midi, à 3 et à 9 heures du soir, dans l'ancien observatoire. La température moyenne résultant des 26 années d'observation est de 12°,14 de Réaumur, soit de 15°,16 centigrades; et M. Ferrari la croit exacte à un ou deux dixièmes de degré près. Celle des saisons est, en moyenne, de:

7°,86	centigrades	pour l'hiver,
13°,74	»	pour le printemps,
22°,81	»	pour l'été,
16°,06	»	pour l'automne.

Le volume contient les courbes graphiques de ces températures; ces courbes ne sont pas symétriques, mais elles sont un peu inclinées dans la seconde partie de l'année. Le *maximum* a eu lieu après le milieu de juillet. Les extrêmes absolus de température ont été de:

	+ 37°,13	cent.,	en août 1842 et 1846,
et de	— 8°,25	»	en février 1845.

La troisième période, de 25 ans, correspond à une époque d'observations plus soignées, surtout depuis 1862, où a commencé la publication du *Bulletin météorologique* du Collége romain. C'est aussi alors qu'on a mis en activité le *Météorographe* du Père Secchi, servant à enregistrer d'une manière continue les principaux éléments météorologiques, et qui a valu à son auteur une médaille d'or et la croix de la Légion d'honneur, lors de l'Exposition universelle de Paris en 1867. Les observations avec les instruments ordinaires ont été faites à 7 heures, midi, 3 et 9 heures du soir, et on y a ajouté successivement 9 heures du matin, 1 $^1/_2$ et 6 heures du soir. Quant au météorographe, on en a obtenu depuis 1859, les courbes graphiques continues, dont les points fondamentaux ont été fixés d'après les observations ordinaires, et spécialement par celle de midi.

Cette période a déjà donné lieu à plusieurs mémoires, dont M. Ferrari a tiré parti pour son travail.

Ainsi, pour ce qui tient à la température, il a profité d'une discussion approfondie du professeur Nazareno Mancini,

astronome-adjoint à l'observatoire du Collége romain, sur les 40 années d'observations thermométriques faites de 1828 à 1867. Nous allons en extraire les principaux résultats.

La température moyenne des 16 dernières années a été de 16°,4 centigrades. Celle des 32 années 1828 à 1859 était de 15°,6. La différence tient probablement, du moins en grande partie, au changement de position des instruments, qui, depuis 1859, sont 10 mètres plus bas et plus abrités.

L'année la plus chaude entre ces 16 dernières a été 1873, où la température moyenne a été de 16°,97; la moins chaude, 1874, a eu pour moyenne 15°,71.

M. Ferrari a tracé, d'après M. Mancini, la courbe de la température moyenne de tous les jours de l'année à l'heure de midi, où a lieu ordinairement la moyenne de la journée, plus élevée d'environ 2° que celle des 24 heures du jour entier. Le principal *minimum* annuel de chaleur y correspond au 30 décembre, et le *maximum* au 18 juillet. La courbe est la moyenne à midi des 40 années 1828 à 1867, et M. Ferrari en étudie la marche de mois en mois. Il présente aussi les courbes de la température moyenne annuelle de 10 autres stations principales d'Europe, où il y a eu déjà un grand nombre d'années d'observations, et il en indique les *minima* et *maxima* annuels, avec leurs dates. Son examen, en ce qui concerne les *minima*, tend à confirmer l'assertion de M. Dove que le froid provenant des régions polaires se propage successivement en Europe du nord au sud. Il y a cependant des exceptions, car, tandis que de Greenwich à Genève le *minimum* a lieu du 8 au 10 janvier, d'après le dernier travail de M. Plantamour sur 50 ans d'observations, nous venons de voir que ce *minimum* correspond à Rome au 30 décembre. M. Ferrari remarque à ce sujet, qu'il y a aussi à Rome un autre *minimum* le 3 janvier, et que d'ailleurs, le temps y étant généralement beau à cette époque, cette station doit être plus exposée que d'autres à l'influence calorifique des vents du milieu du jour.

Quant à l'époque des *maxima* annuels, il y en a deux presque égaux, l'un vers le 20 juillet, l'autre dans les premiers jours d'août. C'est le premier qui prévaut, à Genève comme à Rome. Il y a entre les deux, vers la fin de juillet, un refroidissement très sensible dans presque toutes les stations.

Les extrêmes absolus de température dans les seize dernières années ont été de +36°,4 en août 1877 et de —6°,0 en janvier 1869.

On peut observer ici, conformément à une remarque du Père Secchi, combien les *maxima* de température diffèrent peu, entre divers climats, comparativement aux *minima*. Ainsi, le thermomètre a atteint, à Genève comme à Rome, 36°,4 centigrades le 6 juillet 1870, tandis qu'il est descendu jusqu'à — 25°,3 le 15 janvier 1838.

La moyenne annuelle à Genève, qui résulte des 50 années d'observations de 1826 à 1875, n'est que de 9°,35, tandis qu'elle est à Rome d'environ 16°. Cette grande différence tient, soit à celle des latitudes, qui est de 4 $^{1}/_{4}$ degrés; soit à celle des hauteurs au-dessus du niveau de la mer, qui est de plus de 300 mètres, soit enfin au voisinage où Rome se trouve de la mer Méditerranée.

Dans les jours sereins, l'heure du *maximum* diurne de chaleur a lieu peu après midi à Rome, en été comme en hiver, à cause de la brise de mer, qui commence vers midi et est la plus forte vers 3 heures. La moyenne des températures, à 9 heures du matin et du soir, correspond, à peu de chose près, à la moyenne de la journée.

Pression atmosphérique.

Les observations barométriques faites dans les 16 dernières années 1862 à 1877, réduites à zéro de température et au niveau moyen de la mer Méditerranée, donnent pour la valeur moyenne de cette pression en millimètres 761^{mm},94. Cette valeur a oscillé, dans les diverses années, entre 1^{mm},59

en plus et 0mm,75 en moins. Le *maximum* absolu du baromètre a été de 779mm,2 en novembre 1869, et le *minimum* de 736mm,3 en décembre 1875. C'est d'octobre à avril qu'ont lieu à Rome les plus grandes variations, et l'auteur en donne les courbes graphiques de 1782 à 1877.

Pluie.

M. Ferrari a profité sur ce sujet, d'un travail du Père Secchi, comprenant les 50 années de 1825 à 1874. Le premier pluviomètre, employé de 1788 à 1856, était situé sur la tourelle de l'ancien observatoire, à 63 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le second a fonctionné dès lors sur le nouvel observatoire, à la hauteur de 56m,7. Outre la quantité de pluie, estimée en millimètres, on a indiqué le nombre des jours pluvieux, en y faisant entrer ceux où il n'est tombé que quelques gouttes.

C'est en octobre et novembre qu'il pleut le plus à Rome, en général: et c'est en juin, juillet et août qu'il pleut le moins. Il tombe en moyenne, en 12 jours $^1/_2$, 110mm $^1/_2$ de pluie en novembre, tandis qu'en juillet la moyenne n'est que de 16mm,68 en 3 jours, 42. La moyenne annuelle des 50 années est de 748mm,52 en 111 jours, 14. Celle des 16 dernières années est plus élevée, savoir de 817mm,3 en 114 jours 4. Il y a de grandes inégalités de pluie entre les années.

Le *maximum* de pluie ayant été de 1050mm,3 en 1872,
et le *minimum* » » 319mm,45 en 1834.

La pluie a lieu, en général, à Rome, par le vent de sud-est en hiver et de sud-ouest en été, mais la Tramontane, ou le vent du nord, est quelquefois aussi un vent pluvieux. L'ouvrage contient, au sujet de la pluie, des tableaux et des courbes graphiques.

La moyenne annuelle de pluie à Genève, qui résulte des 50 années d'observations citées ci-dessus, est de 815mm,95 en 122 jours $^1/_2$, et diffère peu, comme on le voit, de celle de Rome. Mais la répartition de la pluie dans les divers mois est

fort différente. C'est en hiver qu'à Genève il pleut le moins, en général; c'est en été et en automne qu'il pleut le plus.

Humidité de l'air, Radiation, État du ciel.

L'état hygrométrique de l'air à Rome, dans les 16 dernières années, a été déterminé par le psychromètre d'August, c'est-à-dire, au moyen de deux thermomètres, l'un à boule sèche, l'autre à boule mouillée. Leurs différences donnent d'abord l'humidité absolue, ou la tension de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, évaluée en millimètres; puis l'humidité relative, ou la fraction de saturation de l'air évaluée en centièmes.

La plus grande valeur de la tension de la vapeur à Rome, en juillet et août, est de $13^{mm},6$; et la plus petite, de janvier à mars, de $6^{mm},2$. Sa valeur moyenne est de $9^{mm},05$. Elle n'est à Genève que de $7^{mm},1$.

Quant à l'humidité relative, son *maximum* en hiver est à Rome de 74,2; son *minimum*, en été, de 57,0, et sa valeur moyenne de 66,6. Cette moyenne est à Genève de 76,8. L'état hygrométrique de Rome est tempéré, à cause des brises de terre et de mer qui y ont lieu, et de sa distance intermédiaire entre la mer et les montagnes. Le *maximum* de l'évaporation, en août, y est de 14 millimètres, et le *minimum*, en février, de $5^{mm},1$. Un thermomètre noirci, exposé au soleil, y a servi à faire voir que la radiation solaire moyenne est, dans les mois d'été, supérieure d'environ onze degrés à la température de l'ombre; elle ne l'est que de sept degrés dans les mois d'hiver. La moyenne annuelle du thermomètre noir a été de 26°,2, supérieure de 9°,8 à celle de la température à l'ombre.

La plus grande sérénité du ciel a lieu dans les mois d'été. Son état moyen est de 3,8 en désignant par 10 le ciel entièrement couvert. Il y a, même en hiver, de bien belles journées sereines, mais de 1875 à 1877 le ciel a été plus variable qu'à l'ordinaire.

Vents.

M. Ferrari entre à ce sujet dans beaucoup de détails, sur-

tout sur la vitesse du vent, et en présente divers tableaux. En été, les vents les plus forts, à Rome, sont ceux du sud-ouest, tandis qu'en hiver ce sont ceux du nord-nord-est et du sud-est. C'est en mars que le vent a le plus de vitesse. La vitesse moyenne annuelle est d'environ 200 kilomètres par jour. La station météorologique établie récemment sur la cime du mont Cavo, à une altitude d'environ 965 mètres, sera beaucoup plus favorable que le Collége Romain pour étudier la marche des vents et des orages ou perturbations atmosphériques (burrasche), et le père Secchi y a placé un instrument météorographique, construit par le mécanicien Brassart pour enregistrer la vitesse du vent. L'auteur entre aussi dans quelques détails sur les époques des principales de ces perturbations annuelles, d'après un travail du professeur Lais, astronome adjoint à l'observatoire, publié en 1873. L'une des plus constantes à Rome, est celle des 12 à 14 mai, dite des *Saints de glace*, où arrivent quelquefois les dernières gelées, et où règnent les brises de terre et de mer, venant du nord le matin et de l'ouest dans l'après-midi. Le vent d'est à Rome, quand il a une certaine durée, est un indice positif de changement de temps. Les vents du sud et du sud-est, quand ils sont assez forts, remplissent l'air d'une grande quantité de sable des déserts africains, ainsi que d'autres substances organiques ou salines, tenues en suspens dans l'atmosphère. Le *maximum* de vitesse du vent, quelle qu'en soit la direction, correspond au *minimum* absolu ou relatif de la colonne barométrique.

Le dernier chapitre de l'ouvrage de M. Ferrari se rapporte aux *Conditions hygiéniques du climat de Rome*, et il est en grande partie extrait de deux lectures sur ce sujet du père Secchi, faites en 1865 et 1866 à l'Académie romaine de l'Arcadie.

« Le climat de Rome, dit cet astronome, est d'une nature excellente et privilégiée. Il suffit de voir la constitution robuste des paysans et leurs belles couleurs dans les mois d'hiver, pour constater qu'il est entre les plus salubres du monde. Le ciel y est limpide, selon l'expression proverbiale; la tem-

pérature modérée; les froids extrêmes de printemps y sont inconnus; à peine y a-t-il 5 ou 6 jours où le thermomètre descend de quelques degrés au-dessous de zéro. Nous n'avons pas non plus les extrêmes de chaleur qu'on rencontre dans d'autres pays à pareille latitude. Les vents du sud-ouest provenant du voisinage de la mer y rafraîchissent, en été, les après-midi; la nébulosité est rare et les eaux sont excellentes, etc., etc. »

Il y a, il est vrai au milieu de tant d'avantages, un ennemi de ce climat que l'auteur des paroles précédentes ne dissimule pas: c'est la *malaria* qui y règne en été, et les fièvres qui en sont la conséquence. Ce mal paraît être très ancien, mais la destruction successive des forêts l'a probablement fort augmenté. Les journaux ont cité, il y a peu de temps, une plantation d'Eucalyptus faite autour d'un couvent près de Rome, qui y a fait disparaître la fièvre. On peut donc espérer une amélioration graduelle sous ce rapport.

M. Ferrari, auteur du volume que je viens d'analyser, y a observé, à plusieurs reprises, avoir eu peu de temps pour le rédiger, son travail ayant fait partie d'une monographie archéologique et statistique de Rome et de la campagne romaine, présentée par le gouvernement italien à l'Exposition universelle de Paris en 1878. Il a été heureux d'y profiter des recherches antérieures de ses prédécesseurs; son ouvrage restera comme un très utile et intéressant document sur le sujet auquel il se rapporte. A. G.

PHYSIQUE.

A. Kundt. — De l'influence que la nature du dissolvant exerce sur les spectres d'absorption des milieux absorbants en dissolution. (*Annales de Wiedemann*, 1878, t. IV, p. 34.)

A la suite de ses recherches antérieures sur les relations

existantes entre la dispersion et l'absorption. M. Kundt était arrivé à admettre d'une manière générale que les positions des bandes obscures du spectre d'absorption d'une même substance colorante en dissolution, varient suivant la nature du dissolvant, ces bandes étant d'autant plus rapprochées de l'extrémité rouge du spectre que le dissolvant employé possède un plus grand pouvoir dispersif. Dans le travail dont nous rendons compte ici, M. Kundt a étendu cette étude à un plus grand nombre de substances colorantes, traitées chacune par une série de dissolvants très différents.

Les substances colorantes sur lesquelles il a opéré ont été choisies de manière à avoir par les unes ou par les autres des bandes d'absorption réparties dans les différentes parties du spectre. Ce sont : la chlorophylle, le vert d'aniline, la cyanine, la fuchsine, la chinizarine, le jaune d'œuf. Chacune de ces substances, dissoute dans une petite quantité du liquide qui lui était le plus approprié, était ensuite étendue par l'addition d'une quantité plus considérable des dissolvants suivants, dont il s'agissait d'étudier l'action, savoir : alcool, éther, acétone, eau, alcool méthylique, benzol, toluol, ligroïne, chloroforme, huile de cassia, sulfure de carbone. Le tableau qui suit donne le résultat des expériences et indique pour chaque substance colorée l'ordre dans lequel les dissolvants se rangent quant à leur action sur la position des bandes d'absorption. Dans les colonnes de ce tableau, chaque dissolvant pousse la bande d'absorption davantage vers le rouge que celui qui le précède.

Chlorophylle	Vert d'aniline	Cyanine	Fuchsine	Chinizarine	Jaune d'œuf
Éther	Alc. méth.	Alc. méth.	Eau	Alc. méth.	Alc. méth.
Acétone	Acét.	Acétone	Alc. am.	Acétone	Acétone
Alcool	Alcool	Alcool	Acetone	Ether	Ether
Alcool amyl.	Ether	Ether	Alcool	Alcool.	Alcool
Chlorof.	Chlorof.	Alc. am.	Ether	Alc. am.	Alcool am.
Benzol	Alc. am.	Ligroïne	Chlorof.	Chlorof.	Ligroïne
Huile Cassia	Ligroïne	Chlorof.	Alc. amyl.	Toluol	Chlorof.
Sulf. Carb.	Toluol	Toluol	Ligroïne	Benzol	Toluol
	Benzol	Benzol	Benzol	H. Cassia	Benzol
	H. Cassia	H. Cassia	Toluol	Sulf. carb.	H. Cassia
	Sulf. carb.	Sulf. carb.	H. Cassia		Sulf. carb.
			Sulf. carb.		

L'ordre dans lequel les différents dissolvants se rangent

dans les six colonnes de ce tableau n'est pas absolument le même, mais diffère peu, car ces dissolvants peuvent se classer en quatre groupes qui eux conservent leur même place respective à travers les six colonnes du tableau.

1er groupe, alc. méth., acétone, alcool, éther;

2me groupe, chloroforme, alcool amyl., ligroïne;

3me groupe, toluol, benzol;

4me groupe, huile de cassia, sulfure de carbone.

Si de ces résultats l'on veut remonter à la cause qui détermine cette action du dissolvant sur le spectre d'absorption de la substance dissoute, on peut tout de suite conclure de leur uniformité même, que le phénomène en question ne tient pas à une action chimique spéciale exercée par le dissolvant sur la matière dissoute, mais bien à une propriété physique du liquide dissolvant. M. Kundt montre d'abord que cette propriété n'est pas la densité, car au point de vue de leur densité, les différents dissolvants employés se rangent dans un ordre tout différent de celui qui ressort du tableau ci-dessus.

M. Kundt recherche ensuite s'il y a quelque relation entre l'action considérée et l'indice de réfaction du dissolvant. Celui-ci peut, on le sait, s'exprimer très approximativement en fonction de la longueur d'onde du rayon correspondant par la formule :

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

Or, il se trouve que les dissolvants considérés se rangent suivant les valeurs d'a et de b qui leur correspondent dans un ordre tout à fait analogue à celui du tableau ci-dessus.

De là l'auteur déduit en terminant la loi suivante :

Si un liquide dissolvant incolore a un pouvoir réfracteur et dispersif sensiblement plus fort que celui d'un autre dissolvant, les substances colorantes donneront, lorsqu'elles seront dissoutes dans ce liquide, des spectres dont les bandes seront plus

rapprochées du rouge que lorsqu'elles seront dissoutes dans le liquide au plus faible pouvoir réfracteur et dispersif.

E. S.

CHIMIE

R. Fittig et F. Gebhard. — Le fluoranthène, un nouvel hydrocarbure retiré du goudron de houille. (*Annalen der Chemie*, 193, page 142.)

En étudiant les produits de distillation à point d'ébullition élevé que les auteurs avaient fait préparer dans la fabrique de M. Greiff, en vue d'en retirer du phénanthrène, ils n'y ont point trouvé cet hydrocarbure, mais un nouveau composé auquel ils assignent la formule $C^{15} H^{10}$. Ce nouvel hydrocarbure fond à 109° et se présente sous forme de lamelles cristallines brillantes lorsqu'on le fait cristalliser dans une dissolution alcaline étendue. Il est peu soluble dans l'alcool à froid, mais se dissout bien dans l'éther, le sulfure de carbone, l'acide acétique cristallisable et l'alcool bouillant. Il se combine très facilement avec l'acide picrique, ce qui permet de le séparer par une série de cristallisations fractionnées du pyrène auquel on le trouve mélangé; la combinaison $C^{15}H^{2}+C^{6}H^{3}(Az\,O^{2})^{3}O$ qui fond de 182-183° se présente sous forme d'aiguilles facilement cristallisables sans décomposition dans l'alcool. Ce composé est détruit par l'eau bouillante et avec plus de facilité encore par l'addition d'ammoniaque. Le fluoranthène se combine au brome en donnant des cristaux ($C^{15} H^{8} Br^{2}$) solubles dans le sulfure de carbone et fondant à 204°-205°. A côté de ce composé bromé, il s'en forme d'autres en petite quantité. On peut également le nitrer facilement et le produit de la réaction $C^{15} M^{7} (Az\,O^{2})^{3}$ forme des aiguilles jaunes, brillantes qui ne fondent pas à

300°. Le composé nitré est peu soluble, même dans l'alcool, l'éther et le sulfure de carbone bouillants.

Oxydé par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique, il donne naissance à une quinone et à un acide. Ce dernier, que l'on sépare facilement de la quinone par le carbonate de soude, est un acide monobasique fondant de 191°-192°. Il est presque insoluble dans l'eau et cristallise dans l'alcool en aiguilles très longues, jaune-orangé. L'analyse conduit à la formule $C^{14} H^8 O^3$; chauffé avec du zinc en poudre il donne du diphenylène methane fondant à 113 d'après l'équation

$$C^{14} H^8 O^3 + 4 H = C^{13} H^{10} + C O^2 + H^2 O.$$

On peut donc le regarder comme du fluorène où deux atomes d'hydrogène seraient remplacés par un atome d'oxygène et un troisième par le groupe COOH.

Fondu avec de la potasse, l'acide $C^{14} H^8 O^3$ fournit un acide bibasique $C^{12} H^8 \begin{cases} COOH \\ COOH \end{cases}$ peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, fondant à 216°.

Les diverses réactions du fluoranthène lui font attribuer par les auteurs la constitution suivante :

```
C⁶ H⁴ \
|       \ CH—CH
|       /     ||
C⁶ H³ /———————CH
```

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AOUT 1878.

Le 1er, forte bise tout le jour, jusqu'à 7 h. du soir.

2, faible rosée le matin.

5, rosée le matin ; de $3^3/_4$ h. à $4^1/_2$ h. après midi, éclairs et tonnerres à l'Ouest ; l'orage passe le long du Jura.

6, succession d'orages accompagnés de fortes décharges électriques et d'averses très-abondantes, et suivant la direction du Sud au Nord. Le 1er, de $7^1/_2$ h. à 9 h. du matin ; le 2me, de $11^1/_2$ h. à midi et un quart ; le 3me de $2^1/_2$ h. à $3^1/_2$ h. après midi.

9, rosée le matin ; à 10 h. soir, halo lunaire partiel.

10, rosée le matin ; de $5^1/_4$ h. à 6 h. soir, plusieurs coups de tonnerre au S. et au SO.

12 et 13, rosée le matin.

15, très forte pluie depuis 6 h. soir ; à 10 h., éclairs et tonnerres au Sud.

16, à 7 h. soir, éclairs et tonnerres ; l'orage se dirige du SO. au NE. Fortes seiches dans la journée ; entre midi et 1 h. le niveau du lac a varié de 20cm dans 15 minutes.

18, forte rosée le matin.

19, à $5^1/_2$ h. du soir, éclairs et tonnerres ; l'orage a été précédé à $5^1/_4$ h. par un violent coup de vent du SSO.

22, forte rosée le matin.

23, de $5^3/_4$ h. à $6^1/_2$ h. soir, éclairs et tonnerres, d'abord au SO. puis au NO. ; à 7 h., un second orage éclate au Sud ; les éclairs et tonnerres se succèdent pendant toute la soirée.

26, éclairs et tonnerres toute la soirée ; très forte pluie de 9 h. à 11 h.

27, à $4^1/_2$ h. après midi, éclairs et tonnerres au Sud ; l'orage passe le long du Salève ; pendant toute la soirée, jusqu'à 10 h., éclairs et tonnerres.

29, éclairs et tonnerres pendant une grande partie de la soirée.

30, de 3 h. à 10 h. matin, succession presque non interrompue d'orages accompagnée de très-fortes décharges électriques et de pluies torrentielles. De 6 h. à 8 h. du matin il est tombé 14mm,3 et de 8 h. matin à midi, 26mm,7. Le même jour on a observé de fortes seiches au limnimètre ; entre midi et 1 h. le niveau du lac a varié de 22cm dans 10 minutes.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 5 à 8 h. matin	726,21
8 à 10 h. soir	731,30
11 à 10 h. matin	726,29
13 à 8 h. matin	725,97
18 à 6 h. matin	730,03
21 à 6 h. soir	728,11
28 à 10 h. matin	727,71

MINIMUM.

	mm
Le 3 à 6 h. matin	716,94
6 à 2 h. après midi	723,90
10 à 6 h. soir	724,15
12 à 6 h. soir	723,86
16 à 6 h. matin	719,99
19 à 4 h. après midi	723,45
24 à midi	718,74
29 à 6 h. soir	722,57

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes Minim.	Fract. de saturation en millièmes Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	727,34	— 0,58	+16,99	— 1,78	+10,4	+21,6	9,58	—1,34	670	— 12	560	750	...	...	NNE. 2	0,14	19,9	+ 1,2	211,4
2	719,45	— 8,48	+16,91	— 1,83	+11,0	+21,9	10,29	—0,62	719	+ 37	540	830	3,7	2	N. 1	0,59	19,8	+ 1,1	207,6
3	718,59	— 9,35	+15,49	— 3,21	+12,6	+20,5	11,61	+0,70	892	+209	690	1000	16,7	9	N. 1	0,85	19,7	+ 0,9	203,5
4	724,42	— 3,53	+19,34	+ 0,67	+14,8	+25,6	12,09	+1,18	743	+ 59	470	940	0,9	1	variable	0,37	...	.....	201,0
5	725,49	— 2,46	+17,65	— 0,98	+12,1	+24,9	12,50	+1,60	824	+138	670	900	25,0	8	id.	0,57	20,6	+ 1,8	200,5
6	725,33	— 2,63	+15,75	— 2,84	+13,6	+20,3	13,11	+2,22	984	+297	860	1000	...	...	id.	0,94	19,6	+ 0,8	197,5
7	727,47	— 0,49	+20,02	+ 1,47	+14,0	+26,0	11,91	+1,03	699	+ 11	500	920	...	...	SSO. 1	0,51	19,1	+ 0,3	193,5
8	730,16	+ 2,20	+19,20	+ 0,70	+14,1	+26,1	12,15	+1,28	735	+ 45	530	890	...	...	variable	0,42	19,5	+ 0,7	197,5
9	729,57	+ 1,60	+18,67	+ 0,22	+12,9	+25,1	11,17	+0,31	706	+ 15	390	910	...	...	N. 1	0,28	19,6	+ 0,8	198,2
10	725,15	— 2,82	+18,54	+ 0,14	+13,0	+24,2	12,57	+1,72	794	+101	610	890	3,9	5	variable	0,67	20,3	+ 1,4	192,9
11	725,97	— 2,00	+17,88	— 0,47	+14,8	+23,0	10,46	—0,38	705	+ 11	530	880	...	...	SSO. 1	0,47	...	.....	194,0
12	724,41	— 3,56	+19,04	+ 0,75	+11,2	+25,1	10,78	—0,04	662	— 34	450	910	...	...	OSO. 1	0,40	16,7	— 2,1	194,5
13	725,45	— 2,52	+21,34	+ 3,11	+15,9	+26,3	11,18	+0,37	610	— 88	360	800	...	...	SO. 1	0,66	17,7	— 1,1	196,1
14	723,35	— 4,62	+20,82	+ 2,65	+18,0	+27,3	12,16	+1,36	701	+ 1	390	950	13,3	5	SSO. 1	0,96	16,3	— 2,5	195,5
15	722,61	— 5,35	+18,34	+ 0,24	+14,7	+22,6	13,02	+2,24	848	+147	660	1000	39,0	8	variable	0,95	13,3	— 5,5	194,5
16	721,10	— 6,86	+18,02	— 0,01	+14,2	+22,9	11,72	+0,96	772	+ 69	540	920	9,1	3	SO. 1	0,81	12,5	— 6,3	204,7
17	728,54	+ 0,59	+18,68	+ 0,72	+15,0	+23,1	8,99	—1,76	587	—118	370	720	...	...	variable	0,16	14,3	— 4,5	211,5
18	728,33	+ 0,38	+16,72	— 1,17	+10,0	+22,1	10,32	—0,41	720	+ 12	520	850	...	...	NNE. 1	0,10	...	.....	213,0
19	724,51	— 3,43	+19,33	+ 1,52	+15,0	+25,9	11,98	+1,28	734	+ 24	490	890	2,9	1	SSO. 1	0,80	16,9	— 1,9	211,7
20	725,81	— 2,12	+16,92	— 0,81	+15,0	+21,1	10,49	—0,19	741	+ 29	620	790	0,2	1	SSO. 1	0,83	16,8	— 1,9	208,6
21	727,28	— 0,64	+17,37	— 0,28	+14,0	+21,9	9,74	—0,92	679	— 35	400	810	...	...	variable	0,62	16,3	— 2,4	206,9
22	726,12	— 1,79	+17,13	— 0,44	+11,1	+22,1	11,30	+0,67	765	+ 49	600	920	...	...	N. 1	0,54	16,4	— 2,3	207,7
23	721,39	— 6,51	+16,91	— 0,57	+15,0	+22,5	12,73	+2,12	890	+171	720	920	30,2	10	SO. 1	0,91	16,8	— 1,8	204,4
24	718,96	— 8,93	+15,88	— 1,51	+11,5	+21,0	10,07	—0,51	759	+ 38	580	970	1,1	2	SO. 2	0,77	16,0	— 2,6	206,4
25	721,17	— 6,71	+16,45	— 0,85	+12,2	+21,2	9,99	—0,56	728	+ 4	560	890	0,7	1	SO. 1	0,80	...	.....	205,0
26	722,40	— 5,47	+17,86	+ 0,65	+14,8	+20,4	13,09	+2,57	852	+126	710	960	20,8	8	SO. 2	0,96	13,3	— 5,2	204,0
27	725,59	— 2,26	+18,44	+ 1,33	+15,4	+23,0	14,47	+3,98	913	+184	750	990	3,1	4	variable	0,79	13,9	— 4,6	215,3
28	726,98	— 0,86	+23,36	+ 6,35	+15,8	+29,2	16,14	+5,68	756	+ 25	530	970	...	...	variable	0,28	16,3	— 2,2	214,8
29	725,10	— 2,72	+20,56	+ 3,65	+19,0	+26,0	15,75	+5,32	880	+146	680	920	4,5	4	NNE. 1	0,81	16,9	— 1,5	217,9
30	725,06	— 2,74	+16,18	— 0,62	+15,0	+20,1	13,22	+2,82	966	+230	860	1000	52,5	9	SO. 1	0,89	18,0	— 0,4	214,0
31	726,90	— 0,88	+17,45	+ 0,75	+13,0	+22,3	10,01	—0,35	681	— 58	470	950	...	...	SSO. 1	0,29	17,9	— 0,4	230,0

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1878.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,61	725,84	725,76	725,29	724,78	724,76	724,74	725,23	725,47
2e »	725,03	725,26	725,28	725,17	724,83	724,61	724,59	725,07	725,51
3e »	724,36	724,56	724,76	724,53	724,11	723,68	723,57	724,08	724,53
Mois	724,98	725,20	725,25	724,98	724,56	724,33	724,28	724,77	725,15
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+14,11	+17,19	+19,44	+21,02	+22,13	+21,89	+20,22	+18,44	+16,62
2e »	+16,03	+18,49	+20,42	+21,93	+22,93	+22,09	+22,15	+18,45	+17,33
3e »	+15,49	+17,44	+19,19	+20,68	+21,50	+20,91	+20,03	+18,52	+17,12
Mois	+15,22	+17,70	+19,66	+21,19	+22,16	+21,61	+20,13	+18,47	+17,03
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	10,84	11,61	12,25	12,63	12,25	11,96	11,76	11,54	11,43
2e »	10,71	11,02	11,13	11,27	11,06	11,22	11,63	11,73	11,32
3e »	11,90	12,56	12,66	12,65	12,60	12,46	12,65	12,63	12,56
Mois	11,17	11,76	12,03	12,20	11,96	11,90	12,03	11,99	11,80
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	903	812	737	688	623	621	678	735	812
2e »	798	698	631	579	532	577	669	743	772
3e »	899	836	758	692	656	678	716	786	855
Mois	865	784	710	654	606	627	689	755	814

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+12,85	+23,62	0,53	+19,79	50,2	200,4
2e »	+14,38	+23,94	0,61	+15,56	64,5	202,5
3e »	+14,25	+22,70	0,70	+16,18	112,9	211,5
Mois	+13,84	+23,40	0,61	+17,20	227,6	205,0

Dans ce mois, l'air a été calme 1,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,85 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 67°,0 O., et son intensité est égale à 18,83 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1878.

Le 3, forte pluie, mêlée de neige, dans la nuit du 2 au 3 et le 3 dans la matinée. Brouillard depuis midi.
4, brouillard le soir.
5, violent orage accompagné de fréquents coups de tonnerre vers 5 h. soir.
6, fort vent du Sud Ouest et brouillard le matin; pluie le soir.
7, brouillard le matin et le soir.
8, brouillard intense tout le jour.
11, brouillard presque tout le jour.
14, pluie et brouillard l'après-midi et le soir.
16, pluie et brouillard jusqu'à 9 h. soir.
17, brouillard le matin.
19, brouillard le matin et le soir.
20, brouillard tout le jour.
23, brouillard jusqu'à 4 h. après midi, fort vent du SO.; pluie le soir et la nuit suivante.
25, brouillard le matin.
26, pluie et brouillard tout le jour.
27, pluie et brouillard depuis midi.
28, pluie et brouillard le matin.
29, brouillard le soir.
30, pluie et brouillard tout le jour, succession d'orages accompagnés d'éclairs et de tonnerres.
31, brouillard le soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 10 h. soir	568,77	Le 3 à 6 h. matin	558,90
8 à 10 h. soir	571,39	6 à 2 h. après midi	567,48
13 à 8 h. soir	568,77	11 à 8 h. matin	565,93
18 à 10 h. matin et midi	571,11	16 à 2 h. après midi	564,80
22 à 8 h. soir	569,03	20 à 8 h. matin	565,32
28 à 2 h. après midi	572,20	24 à 2 h. après midi	559,92
		30 à 8 h. matin	567,38

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.				
1	567,26	— 1,62	565,80	567,91	+ 6,31	— 0,09	+ 3,1	+ 9,6	.....	.....	....	NE.	1	0,11
2	560,94	— 7,95	559,73	562,53	+ 5,80	— 0,60	+ 2,8	+ 9,7	.....	13,4	....	SO.	2	0,57
3	560,94	— 7,96	558,90	563,26	+ 2,67	— 3,72	+ 1,5	+ 5,5	.....	30,0	....	NE.	1	0,94
4	566,23	— 2,67	563,97	567,64	+ 6,48	+ 0,09	+ 3,0	+ 9,1	.....	.....	....	NE.	1	0,42
5	568,06	— 0,84	567,74	568,77	+ 8,84	+ 2,46	+ 6,7	+12,0	.....	8,2	....	SO.	1	0,60
6	567,81	— 1,09	567,48	568,21	+ 6,65	+ 0,28	+ 4,7	+ 9,0	.....	10,6	....	SO.	2	0,93
7	569,03	+ 0,14	567,81	570,37	+ 7,17	+ 0,82	+ 4,7	+10,4	.....	.....	....	NE.	1	0,66
8	570,57	+ 1,68	569,93	571,39	+ 5,59	— 0,74	+ 4,0	+ 8,9	.....	.....	....	NE.	1	1,00
9	570,94	+ 2,06	570,73	571,10	+ 9,12	+ 2,81	+ 3,3	+12,5	.....	.....	....	NE.	1	0,34
10	568,46	— 0,41	567,22	569,73	+ 8,61	+ 2,33	+ 6,1	+12,8	.....	12,8	....	SO.	1	0,57
11	566,49	— 2,37	565,93	566,82	+ 4,88	— 1,37	+ 4,2	+ 6,8	.....	.....	....	NE.	1	0,88
12	567,04	— 1,81	566,52	567,92	+ 9,04	+ 2,82	+ 5,3	+12,8	.....	.....	....	SO.	1	0,26
13	568,46	— 0,37	568,11	568,77	+ 9,73	+ 3,54	+ 5,4	+12,9	.....	.....	....	SO.	1	0,37
14	567,15	— 1,66	566,35	568,00	+10,98	+ 4,82	+ 8,3	+15,5	.....	10,4	....	NE.	1	0,60
15	566,05	— 2,74	564,94	566,82	+ 8,83	+ 2,71	+ 6,9	+10,5	.....	.....	....	SO.	1	0,86
16	564,92	— 3,85	564,80	565,13	+ 5,52	— 0,56	+ 4,8	+ 8,2	.....	24,0	....	SO.	1	0,88
17	568,94	+ 0,19	566,05	570,82	+ 5,92	— 0,12	+ 4,0	+ 8,2	.....	.....	....	NE.	1	0,23
18	570,87	+ 2,15	570,71	571,11	+10,15	+ 4,15	+ 7,2	+13,2	.....	.....	....	SO.	1	0,13
19	567,32	— 1,37	566,27	569,11	+ 7,84	+ 1,89	+ 6,7	+ 9,9	.....	.....	...	SO.	1	0,68
20	565,74	— 2,92	565,32	566,31	+ 4,89	— 1,01	+ 4,0	+ 7,2	....	.....	....	NE.	1	0,98
21	567,34	— 1,29	566,90	567,78	+ 5,44	— 0,41	+ 2,7	+ 7,8	.....	.....	....	NE.	1	0,34
22	568,69	+ 0,09	568,03	569,03	+ 9,08	+ 3,29	+ 6,0	+13,0	.....	.....	....	SO.	1	0,29
23	564,61	— 3,95	562,74	566,69	+ 6,45	+ 0,72	+ 6,3	+ 8,3	.....	8,4	....	SO.	2	0,99
24	560,85	— 7,67	559,92	561,71	+ 4,14	— 1,53	+ 1,7	+ 7,7	.....	12,8	....	SO.	1	0,73
25	562,41	— 6,07	561,24	564,11	+ 3,68	— 1,92	+ 1,0	+ 6,0	.....	.....	....	NE.	1	0,58
26	565,77	— 2,67	564,25	566,77	+ 7,53	+ 2,00	+ 4,0	+10,6	.....	28,4	...	NE.	1	0,97
27	569,42	+ 1,02	568,02	570,45	+ 8,68	+ 3,22	+ 7,2	+11,2	.....	10,0	....	NE.	1	0,78
28	571,75	+ 3,40	570,97	572,20	+12,35	+ 6,96	+10,4	+15,5	.....	4,1	....	NE.	1	0,40
29	570,45	+ 2,15	569,25	571,77	+11,42	+ 6,10	+10,2	+13,9	.....	3,2	....	SO.	1	0,80
30	567,72	— 0,53	567,38	568,08	+ 8,32	+ 3,08	+ 7,2	+10,3	.....	23,0	....	SO.	1	0,95
31	567,86	— 0,34	567,54	568,84	+ 7,83	+ 2,67	+ 4,0	+12,0	.....	.....	....	SO.	1	0,41

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1878.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	566,75	566,89	566,95	567,08	567,08	567,09	567,10	567,20	567,37
2e »	567,23	567,25	567,34	567,41	567,37	567,29	567,27	567,35	567,46
3e »	566,86	566,82	566,93	566,96	566,96	567,06	567,07	567,27	567,25
Mois	566,94	566,98	567,07	567,14	567,13	567,15	567,14	567,27	567,36
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 4,42	+ 6,39	+ 8,38	+ 9,27	+ 9,42	+ 8,72	+ 7,28	+ 6,29	+ 5,65
2e »	+ 5,73	+ 7,03	+ 8,53	+ 9,60	+10,08	+ 9,62	+ 9,15	+ 7,95	+ 7,63
3e »	+ 6,18	+ 7,84	+ 8,65	+ 9,48	+10,00	+ 9,14	+ 8,72	+ 7,57	+ 7,22
Mois	+ 5,47	+ 7,11	+ 8,53	+ 9,45	+ 9,84	+ 9,16	+ 8,39	+ 7,28	+ 6,85

	Min. observé.	Max. observé	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 3,99	+ 9,95	0,61	75,0	—
2e »	+ 5,68	+ 10,52	0,59	34,4	—
3e »	+ 5,52	+ 10,57	0.66	89,9	—
Mois	+ 5,08	+ 10,35	0,62	199,3	—

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,87 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 7,53 sur 100.

Fig. 4.

Fig. 1.

Fig. 5.

Fig. 2.

Fig. 6.

Fig. 3.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME LXIII (NOUVELLE PÉRIODE)

1878. — Nos 247 à 249.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

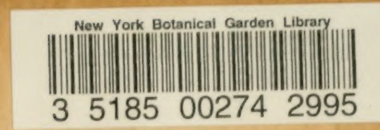
PHYSIQUE.

CHIMIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.


New York Botanical Garden Library
3 5185 00274 2995

